த. பா. நி. (க.வெ.) வரிசை எண் — 693

பொருளறிவியல்களைக் கற்பித்தல்

(பி.எட். பட்டப்படிப்பிற்குரியது)

(திருத்தப்பட்ட பாடத்திட்டத்தின்படி வெளியிடப்படுகிறது)

ஆசிரியர்

ஏ. பன்னீர்செல்வம், எம்.ஏ., எம்.எட்.,

பொருளறிவியல் பேராசிரியர்,
அரசினர் பயிற்சிக் கல்லூரி,

முதல்வர்,
புதுக்கோட்டை முன்மாதிரிப் பள்ளி,
புதுக்கோட்டை.



தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—March, 1976

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 693

TEACHING OF PHYSICAL SCIENCES

A. PANNEERSELVAM

Price Rs. 8-35

Published by the Tamilnadu Textbook Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level, of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), New Delhi.

Printed out of the Paper allotted by the Government of India.

Printed by

ERIEETTI ACHAGAM,

32/1, Murugappa Mudali Street,

Madras-600007.

பதிப்புரை

'பொருளறிவியல்களைக் கற்பித்தல்' என்ற இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் 693ஆவது வெளியீடாகும். கல்லூரித் தமிழ்க் குழுவின் சார்பில் வெளியான 35 நூல்களையும் சேர்த்து இதுவரை 728 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந் நூல் மைய அரசு, கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் 'மாநில மொழியில் பல்கலைக்கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின்' கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

மேலாண்மை இயக்குநர்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்.

பொருளடக்கம்

1. இன்றைய உலகில் அறிவியல்

அறிவியல் என்றால் என்ன?

மக்களில் பலர் அறிவியல் என்பது நம் சுற்றுப்புறத்தைப் பற்றிய அறிவே என்று நினைக்கின்றனர். சில நேரங்களில் அறிவியல் அறிவு செயல்படும் துறையான தொழில்துறையை (Technology) அறிவியலுடன் இணைத்து, அதையும் அறிவியல் என்று கருதிக் குழம்புகின்றனர். அறிவியல் அறிஞர்கள் 'அறிவியல் என்பது செய்திகளைப் பெறுவதற்குரிய வழிமுறையேயாகும்' என்று கருதுகின்றனர். தத்துவ மேதைகளோ 'அறிவியல் என்பது புதிய சிந்தனைப் போக்கு' என்று கருதுகின்றனர். 'காற்று வீசுவது எவ்வாறு?', 'மேகம் என்பது என்ன?', 'மணி ஒலி எவ்வாறு பரவுகிறது?', 'சிறு விதையானது எவ்வாறு பெரிய மரமாக வளர்கிறது?', 'வானவில் எவ்வாறு தோன்றுகிறது?' போன்ற பல வினாக்களைப் பள்ளிப் பிள்ளைகள் எழுப்புவதை எவரும் கேட்கலாம். இவை போன்ற பல வினாக்களுக்கெல்லாம் விடை காணப் பயன்படும் அறிவே அறிவியல் எனப் பள்ளி மாணவர்கள் கருதுகின்றனர். இவையன்றி, 'அறிவியல் என்றால் என்ன?' என்பதற்குக் கீழ்க்கண்டவாறு பல விளக்கங்களும் கொடுக்கப்படுகின்றன:

1. அறிவியல் என்பது உபயோகமாகும் அறிவைக் கொண்டது; அந்த அறிவை அடையும் வழியையும் காட்டுவது.
2. அறிவியல் என்பது இயற்கை உலகின் பல்வேறு கூறுகளைப் பற்றியும், அவற்றின் தன்மைகளையும் ஆராய்ந்து விளக்கிக் கூறுவது.
3. அறிவியல் பல நிகழ்ச்சிகளின் காரண காரியத் தொடர்புகளைத் (Cause-effect relationships) தெளிவு படுத்துவது. இவையே விதிகள் (Laws) எனப்படும்.

4. அறிவியல் அறிவு அன்றாடம் பயன்படுத்தும் பொது அறிவிலிருந்து (Common Sense) தோன்றியது.

5. அறிவியல் விதிகள் சில கோட்பாடுகளை அடிப்படை யாகக் கொண்டு கண்டுபிடிக்கப்பட்டன.

6. அறிவியல் விதிகள் விளைவுகளைப் பலமுறை உற்றுநோக்கிக் கண்டு, கிடைத்த முடிவுகளின் அடிப்படையில் நிறுவப் பட்டன.

7. அறிவியல் அறிவு புதியது புனையும் ஆற்றல் வாய்ந்த ஆக்கச் சிந்தனையாளர்களால் வளர்ந்தது.

8. அறிவியல் மாற்றமடைகின்ற அல்லது ஒன்றோடொன்று வினை புரிகின்ற பொருள்களின் தன்மைகளையும், வேறு குணங்களையும் அறிந்து வெளியிடுகின்றது.

9. அறிவியல் உயிருள்ள பொருள்களையும், உயிரற்ற பொருள்களையும் வேறுபடுத்தி, பொருள்களின் அமைப்பு முறையால் ஏற்பட்ட வேறுபாடுகளையும் உணர்த்து கின்றது.

10. அறிவியல் என்பது அறிவியலாரின் கருவிகளைக்கொண்டு உற்றுநோக்கி, சேகரித்த தகவல்களை மட்டும் கொண்டது. அறிவியலில் உள்ள உண்மை மனிதனால் ஆக்கப்பட்டது. ஆகவே, நிரந்தரமான உண்மை என்பதோ நிரூபணம் என்பதோ இல்லை.

11. அறிவியலின் நோக்கமே நிகழ்ச்சிகளைப் பகுத்தறிந்து, உற்றுணர்ந்து தொடர்பு படுத்துவது.

அறிவியல் அறிவு வளர்ந்து வருகின்ற, முடிவில்லாத, எல்லை யற்ற ஒன்று; முற்றிலும் சோதனையின் வயப்பட்டு உற்று நோக்கிப் புதிய கொள்கைகளையும் தத்துவங்களையும் உருவாக்கிய அறிவு அறிவியல். அறிவுக் களஞ்சியம் மட்டுமன்று; அறிவைத் தேடுவதும் மேம்படுத்துவதும் ஆகும். ஆகவே, அறிவியல் பாடம் நிலையான கவர்ச்சியற்ற செய்திகளைக் கொண்டதல்ல; நிலை யில்லாமல் வளர்ந்து, புதிய மாற்றங்களையும் திருப்பங்களையும் அவ்வப்போது அளித்துப் புத்துணர்ச்சி தரக்கூடிய பாடமாகும் என்பதை ஒவ்வொரு நிலையிலுள்ள மக்களுக்கும் குறிப்பாகப் பள்ளி மாணவர்களுக்கும் வலியுறுத்தப்பட வேண்டும்.

அறிவியல் என்ற அறிவுக் களஞ்சியம்

அறிவியல் முறை என்று சொல்லப்படும் தவறு ஏதும் ஏற்பட முடியாத முறையைக் கொண்டு. தவறு ஏதும் செய்யாத அறிவியல் அறிஞர்களால் நிலையாக்கப்பட்ட உண்மைகள் (Facts) மட்டுமன்றி, பொது விதிகளும் (Generalisations), கருத்துகளும் (Theories) அறிவியலில் உண்டு. உண்மை என்பது என்றும் மாறுதது. ஆனல், பின்னுல் கூறிய இரண்டும் தவருக அமையலாம்; ஆகவே, மாற்றம் அடையக்கூடியது. அறிவியல் அறிவு படைத்த ஒருவனுல் 'எது நிலையானது?', 'எது சான்றுகளால் நிரூபிக்கப்பட்ட உண்மை?' என்றும், 'எது தனிமனிதனின் எண்ணத்தில் தோன்றியது (Speculative), ஆகவே, அது மாறக் கூடியது?' என்றும் வேறுபடுத்தி அறிய முடியும்.

'உண்மை' (Fact) என்பது நிரூபிக்கப்பட்டது, மாறுதது, விவாதத்திற்கு அப்பாற்பட்டது என முன்னர்க் கண்டோம். உண்மையை நேரில் காணலாம்; செய்து காட்டியும் நிரூபிக்கலாம். சில உண்மைகளை வேண்டும்போதெல்லாம் காட்டி நிரூபிக்க இயலாது. விண்ணிலிருந்து எரிகற்கள் (Meteorites) புவியில் விழுவது உண்மை. ஆனுல், நினைத்தபோதெல்லாம் அதைக் காட்ட முடியாது. முன்பு விழுந்ததைக் கண்டவர்கள் சொல்லியவை அனைத்தும் உண்மை என ஏற்றுக்கொள்ளுகிரும். அதே போன்று சூரியனில் ஹீலியம் (Helium) வாயு இருப்பதாக அறிஞர்கள் (Astrophysicists) கூறுகின்றனர். அவர்களும் நிறமாலைகாட்டியைக் (Spectroscope) கொண்டு சூரியனைப் பார்த்துக் கிடைக்கும் நிறமாலையைப் பகுத்து ஆய்ந்து (Spectrum analysis) பின்னரே அதில் ஹீலியம் நிறமாலையும் இருப்பதால், சூரியனில் ஹீலியம் இருக்க வேண்டும் எனக் கருத்துத் தெரிவிக்கின்றனர். இச் சோதனையை எவ்வளவு முறை வேண்டுமானுலும், யார் வேண்டுமானுலும் செய்யலாம். நிகழ்ச்சி உண்மை. ஆனுல், ஹீலியம் நிறமாலை சூரிய நிறமாலையில் இருப்பதால், சூரியனில் ஹீலியம் இருக்கிறது என்று ஆராய்ந்து சொல்வது (Inference) தன்மைவயப்பட்டது ஆகும்.

உண்மைகள் அதிகம் ஏற்பட்ட பின் மற்றப் பொருள்களுடன் தொடர்பு ஏற்படுத்துகின்றன. திடப்பொருள் வெப்பத்தால் விரிவடைகிறது. திரவப்பொருள் வெப்பத்தால் விரிவடைகிறது. வாயுப்பொருள் வெப்பத்தால் விரிவடைகிறது. இவை மூன்றும் உண்மைகள். இத் தொடர்பைக் காட்டிப் பொதுவாகப் பொருள்கள் அனைத்தும் வெப்பத்தால் விரிவடைகின்றன எனச்

சொல்வது பொது விதி (Generalisation) எனப்படும். அறிவியலில் உள்ள பெரும்பாலான செய்திகள் பொது விதிகளே. பொது விதிகளும் உற்றுநோக்கி அறிந்து திரட்டிய உண்மைகளின் அடிப்படையிலேயே எழுவதால், அவற்றையும் உண்மைக்குச் (Fact) சமமாக அறிஞர்கள் ஏற்கின்றனர். ஆகவே, அவற்றைத் 'தத்துவங்கள்' (Principles) என்றும், 'விதிகள்' (Laws) என்றும் உயர்த்திக் கூறுகின்றனர். பாயிலின் விதி, அடைபட்ட காற்றின் அழுத்தத்திற்கும் கன அளவிற்கும் உள்ள தொடர்பினைக் காட்டுகின்றது. ஆனால், இவ் விதி குறைந்த அழுத்தத்தில் ஏற்படும் கன அளவு மாற்றங்களைக் கட்டுப்படுத்தும். அதிக அழுத்தத்தில் இவ் விதி செயல்படுவதில்லை. எல்லா உலோகப் பொருள்களும் திடப் பொருள்கள்; ஆனால், பாதரசத்தைத் தவிர என்று சொல்கிறோம். ஆகவே, பொது விதிகள் சில விலக்குகளுக்குக் (Exceptions) கட்டுப்பட்டவை.

சில நிகழ்ச்சிகளுக்கும், விளைவுகளுக்கும் விளக்கம் கொடுப்பதைக் கருத்து (Theory) என்று கூறுகிறோம். கருத்து என்பது நிரூபிக்கப்பட்டது அன்று; ஆனால், சிறந்த சான்றுகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு அமையும். சில கருத்துகள் நிரூபிக்கப் படாவிட்டாலும் ஒத்துக்கொள்ள வேண்டி நேரிடும். அவற்றை விளக்கிக் காட்டப் போதிய நிரூபண முறைகள் கிடைக்காமையினாலோ அல்லது நிரூபிக்க இயலாமையினாலோ அவற்றை ஏற்றுக்கொள்ள வேண்டிய நிலை உருவாகிறது. எடுத்துக் காட்டாக, இப் புவியின் வரலாற்றையோ அல்லது உயிரினங்கள் தோன்றி வளர்ந்த முறையையோ அல்லது சூரிய குடும்பத்தைப் பற்றிய கொள்கைகளையோ ஏற்கத்தான் வேண்டியுள்ளது.

பல சான்றுகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு போதிய விளக்கங்கள் கொடுத்த பின், அறிவியல் அறிவாக ஏற்றுக்கொள்ளப் படுகிறது. ஆனால், உண்மைக்கும் கருத்துக்கும் உள்ள வேறுபாட்டை நன்குணர்தல் வேண்டும்; இக் கருத்துகள் தொடர்ந்து மேற்கொள்ளும் ஆராய்ச்சிகளின் பயனாக அவ்வப்போது மாற்றமடையலாம் அல்லது தள்ளப்படலாம் அல்லது புதிய கருத்து ஒன்று உருவாகலாம்.

அறிவியல் வளர்ச்சி

நீர், நெருப்பு, நிலம், வளி ஆகியவையே பொருள்கள் அனைத்திற்கும் அடிப்படை என்று பன்னெடுங்காலத்திற்கு முன்னரே அணுவின் கதை தொடங்கிற்று. அக் கருத்து பொய் எனப் பகர்ந்து பொருள்களனைத்தும் அழிக்கவொண்ணா ஆக்கக்

கூறுகளால் ஆனவை என்ற கருத்தை டிமாக்கிரிட்டஸ் (Democritus) என்னும் கிரேக்க நாட்டு அறிஞர் நிறுவினர். தகர்க்கவொண்ணுததெனக் கருதப்பட்ட அணு இன்று தகர்க் கப்பட்டது மட்டுமன்று. அதனின்றும் வெளிப்பட்ட மாபெரும் அசுரச் சக்தியை அடக்கி ஆண்டது எங்ஙனம்? அச் சகதியைக் கட்டுப்படுத்தி ஆக்க வேலைகளுக்குப் பயன்படுத்துவதை இன்று காண்கிறேம். அணுவினைப்பற்றிக் கூறிய அறிஞர்களின் கருத்தும் எவ்வளவோ மாறிப் போய்விட்டதைக் காண்கிறேம். சர் ஜே. ஜே. தாம்சன் (J. J. Thompson) முதன்முதலாக அணுவிற்குக் கொடுத்த விளக்கத்திற்கும் இன்று நாம் அறிந்த அணுவின் அமைப்புக்கும் எவ்வளவு வேறுபாடு? புதிய புதிய ஆராய்ச்சிகளின் பயனுகக் கருத்துகள் அவ்வப்போது மாறுபாடு அடை கின்றன.

இன்று ஏற்பட்டுள்ள அறிவியல் வளர்ச்சியும், அது இன்றைய உலகை எவ்வாறு கட்டி இழுத்துச் செல்கின்றது எனவும் நாம் கண்கூடாகக் காண்கின்ற உண்மை. இன்று ஒலியை மிஞ்சும் வேகத்தில் செல்லும் விமானங்களால் உலகம் மிகவும் சுருங்கி விட்டது. புதிய தொழில்கள் அறிவியல் அறிவின் வளர்ச்சியாலேயே ஏற்பட்டு இருக்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, 'பிளாஸ்டிக்' (Plastics) என்ற பொதுப்பெயர் கொண்ட பொருள்கள் இப்பொழுதும், வருகின்ற காலத்திலும் மிக அதிகமாகப் பயன் படுத்தப்படுகின்றவை. இவை இரசாயன அறிவிஞல் ஏற்படுத்தப் பட்ட செயற்கைப் பொருள்களாகும். 'நைலான்', 'இரயான்' போன்றவையும் இரசாயன அறிவிஞல் ஏற்பட்டவையே. முதன்முதலில் கொலம்பஸ் புதிய உலகம் காணப் புறப்பட்டுச் சென்றபோது, கரையை விட்டுக் கப்பல் சென்றதுமே, தொடர்பு அற்றுப் போனது. ஏறத்தாழ ஒரு மாதகாலம் எந்தவிதச் செய்தியுமே இல்லை. ஆனுல், இன்று இப் புவியை விட்டு, நிலவுக்குச் செல்லும் மனிதனின் பாதையைக் கட்டுப்படுத்தியும், விட்டுச் சென்றபின் நிலவை அடைந்து, பின்னர் இப் புவியை வந்தடைவது வரை அவருடன் இடைவிடாத தொடர்பை ஏற்படுத்திக்கொண்டிருப்பதையும் காண்கிறேம். இன்று அன்றுட வாழ்க்கையில் பயன்படுத்தும் ஒவ்வொரு பொருளும் அங்கக இரசாயனப் பாடத்துடன் (Organic Chemistry) தொடர்பு கொண்டிருப்பதைக் காணலாம்.

நம் ஊனும் உயிரும் அங்கக இரசாயனம் என்று சொன்னுல் மிகையாகாது. சென்ற சில ஆண்டுகளாக ஏற்பட்டு வரும் அறிவியல் முன்னேற்றம், நம் வாழ்க்கை முறைகளை மிக அதிகமாக

மாற்றி அமைத்துள்ளது. வாழ்க்கையை எளிதாக்குவதற்குப் பல கருவிகள் நமக்கு வேலைக்காரர்கள் போல அமைகின்றன. 'தொட்டதெல்லாம் பொன்னாகும்' என்ற 'மைதாஸ்' பெற்ற வரப் பிரசாதம் (Midas Touch) இன்று உண்மையாவதைக் காணலாம். எவ்வளவு பெரிய வாழ்க்கைச் சிக்கல் ஏற்பட்டாலும் நமக்குத்துணை செய்யவும், வழி காட்டவும் கணிக்கும் நுண்மின்பொறிகள் (Computers) அமைந்துள்ளன; எல்லாச் செய்திகளையும் சேகரித்து வைத்துக்கொண்டு, நமக்குத் தேவையான நேரத்தில் அசுர வேகத்தில் செய்திகளைக் கொடுப்பதற்கோ, கணக்கிட்டுக் காட்டுவதற்கோ காத்துக் கிடக்கின்றன. இன்று அவை செயல்படாத இடம் இல்லை என்றே சொல்லலாம். இவ்வளவு விரைவான வளர்ச்சிக்குக் காரணம் என்ன?

அறிவியல் என்பது ஆராயும் அறிவு

அறிவியல் பாதை எங்கே தொடங்குகின்றது? எங்கே முடிகின்றது? உண்மையின் அடிப்படையிலேயே தொடங்கி உண்மையைக் காண்பதிலே முடிவதுதான் அறிவியல் பாதை. உண்மையின்பால் கொண்ட ஆர்வந்தான், விண்ணியல் அறிஞர்களை 'நியூட்ரான் நட்சத்திரங்களையும் (Neutron Stars), 'பல்சார்'களையும் (Pulsating Stars), 'குவேசார்'களையும் (Quasars) காணத் தூண்டியது. அதே காரணந்தான் இந்திய ஆராய்ச்சியாளர்களையும் 'ஆரியபட்டா' கொண்டு விண்வெளி ஆராய்ச்சியில் ஈடுபடுத்தியது. உண்மையின்மீது கொண்ட ஆர்வமே தாவர இயல் அறிஞனை ஊர் ஊராகச் சென்று இலை, தழைகளைப் பறித்துச் சேர்க்கும்படி செய்கின்றது. உண்மையின்மீது கொண்ட ஆர்வமே நில இயல் அறிஞனைக் கடலடியில் சென்று எண்ணெய் வளத்தைக் காணச் செய்து வெளிக்கொணரச் செய்தது. உண்மையின்மீது கொண்ட ஆர்வமே பழங்காலத்து 'இரசவாதிகள்' (Alchemists) எண்ணியது போன்று தனிமத்தை வேறொரு தனிமமாக மாற்றி அமைக்கும் (Transmutation of element) முயற்சி வெற்றி பெற்று, புதிய தனிமங்களும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. அறிவியல் பாதையிலே செல்கின்றவர் நிலைமை சில நேரங்களில் தொடுவானத்தைக் காண நடந்து செல்கின்றவன் கதையாகிவிடும். தொடுவானம் நகர்ந்து கொண்டே விலகி விலகிச் செல்கின்றது; இல்லை; இல்லை; தொடா வானமாகப் போய்விடுகின்றது. ஆனாலும் வழியில் பார்த்த காட்சிகளின் தெளிவு, புதிய ஊர்கள் எவ்வளவு என்ற நிலையில் மேற்கொண்டும் முயற்சியில் ஈடுபடுவதுதான் அறிவியல் அறிஞரின் வேலை. ஆகவே, உண்மையைக் காணச் செல்லும் பாதைதான் அறிவியல் பாதை. அறிவியல் பாதையிலே செல்கின்றவர்கள்

எவர் சொல்லுக்கும் மதிப்புக் கொடுத்து விடமாட்டார்கள். சான்றுகளை அடிப்படையாகக்கொண்டு நிறுவப்பட்ட உறுதியான உண்மைப் பாதையே அறிவியல் பாதை.

சோதனை செய்தல், உற்று நோக்குதல், செய்திகளைச் சேகரித்தல், தற்காலிக முடிவுக்கு வருதல், மீண்டும் சோதனையில் ஈடுபட்டுத் தெளிவு பெறுதல் என்ற பல்வேறு படிகள்தான் அறிவியல் பாதையில் செல்ல படிக்கட்டுகள். எந்தப் பிரச்சினை தோன்றியபோதும், இப் படிகளைப் பயன்படுத்திப் பெறுகின்ற அறிவே உண்மையைக் காண வழி. இதையே ஆராயும் முறை (Method of inquiry) என்று கூறுகிறோம். சான்றுகளின் அடிப்படையில் அறிவதே ஆராயும் முறை என்பதாகும். இக் கருத்தையே திருவள்ளுவர்,

'எப்பொருள் யார்யார்வாய்க் கேட்பினும் அப்பொருள்
மெய்ப்பொருள் காண்ப தறிவு.'

என்று கூறுகின்றார். இதே முறையைத்தான் கி.பி. 12ஆம் நூற்றாண்டில் ஆக்ஸ்ஃபோர்டுப் பல்கலைக்கழகப் பேராசிரியர் ரோஜர்ஸ் பேகன் (Rogers Bacon) வலியுறுத்தினார். சான்றுகளை அமைத்துக் காணப்பட்ட முடிவுகள் எல்லாம் நிலைபெற்ற உண்மைகளாக ஆக முடியாது. மேலும், புதிய சான்றுகள் கிடைக்கும்போது அச் சான்றுகளுக்கு ஏற்றாற்போல அவ்வப் பொழுது கொள்கைகளின் நீள அகலங்கள் மாறிக்கொண்டேதான் இருக்கும். அவ்வாறு மாற்ற முடியாத கொள்கைகள் பல வெளியே வீசியெறியப்பட்டுக் கிடப்பதைக் காணலாம்.

பள்ளிகளில் அறிவியல் நிலை

பல ஆண்டுகள் வரை அறிவியல் கல்வி ஏற்பாட்டில் இடம் பெறவில்லை. முதன்முதலாக 1913ஆம் ஆண்டு உயர்நிலைப் பள்ளித் திட்டம் உருவாக்கப்பட்டபோது, அறிவியல் பாடம் தேர்வுக்கு அமையாத பாடமாகக் கல்வி ஏற்பாட்டில் இணைத்துக் கற்பிக்கப்பட்டது. தேர்வுக்கு அவசியமில்லை என்ற போக்கில் இருந்த பாடத்தின் நிலையும் ஊகிக்கக்கூடியதே. 1929ஆம் ஆண்டில் உயர்நிலைக் கல்வி ஏற்பாடு மாற்றி அமைக்கப்பட்டபோது, பொது அறிவியல் கட்டாயப் பாடமாகவும், விருப்பப்பாடமாக அறிவியலின் பகுதிகளும் இணைக்கப்பட்டன. 1948ஆம் ஆண்டில் திரும்பவும் அறிவியல் பாடம் கட்டாயப் பாடமாக ஆக்கப்பட்டு, விருப்ப பாடங்கள் கலைத்திட்டத்திலிருந்து அகற்றப்பட்டன. மீண்டும் 1969ஆம் ஆண்டில் அறிவியல் இன்றியமையாப் பாடமாகவும் (Core Subject), விருப்பபாடங்களாக (Electives) அறிவியலின் பகுதிகளும் அமைக்கப்பட்டன. கலைப்பாடத்தில் இணைக்கப்பட்ட

பகுதிகள் அனைத்தும் முன்னும் பின்னுமாக இடம் மாறி அமைந்தனவே தவிர, சிறிதுகூட மாற்றப்படவில்லை. அறிவியல் துறையில் பிற நாடுகளில் ஏற்பட்டு வரும் புரட்சிகரமான மாறுதல்கள், புதிய செய்திகள் ஏதும் இடம் பெறாமலேயே மிகவும் பின்தங்கிய நிலையில் நமது அறிவியல் அமைந்துள்ளது. செய்திகளைக் கற்பதையே முக்கிய நோக்கமாகக் கொண்டு இன்றும் அறிவியல் ஆசிரியர்கள் கற்பித்து வருவதைப் பார்க்கலாம். அவ்வாறு கற்பிக்கும் செய்திகளும் சென்ற நூற்றாண்டுக்கு முற்பட்ட காலத்திய செய்திகளாகவே அமைந்துள்ளன.

ஒரு நாட்டின் முன்னேற்றமும், மக்கள் நலனும், பாதுகாப்பும் தொழில் துறையிலும், அறிவியல் துறையிலும் ஏற்படுகின்ற வளர்ச்சியைப் பொறுத்தது என்பதை அனைவரும் உணர்ந்துள்ளனர். இன்று உலகில் ஏற்படுகின்ற அறிவியல் அறிவின் பெருக்கம் எவரையும் வியப்பில் ஆழ்த்திவிடும். 'ஒவ்வொரு பத்தாண்டுக் காலத்திலும் அறிவியல் அறிவு இரட்டிப்பாக ஆகின்றது' என்று ஆராய்ச்சியாளர்கள் கூறுகின்றனர். அறிவியல் அறிஞர்களது எண்ணிக்கையும் ஒவ்வொரு பத்தாண்டுக் காலத்திலும் இரண்டு மடங்காகின்றது. 'ஓர் அறிவியல் ஆராய்ச்சிக் கட்டுரை அச்சாகி வெளிவருவதற்குள் பழைய செய்தியாகிறது; மாணவன் படிப்பை முடிப்பதற்குள் படித்து முடித்த புத்தகச் செய்தி பழமையாகின்றது; மாணவன் பட்டம் பெற்று வெளியேறும்போது பயனற்ற செய்தியை அறிந்தவனாகின்றான்' என்று ஒரு சிலர் இன்று ஏற்படும் அறிவியல் அறிவுப் பெருக்கத்தைப் பார்த்துச் சொல்கின்றனர். அநேக வெளி நாடுகளில் புதிய செய்திகளுக்கேற்பவும், கல்வித்துறையில் ஏற்படும் புதிய போக்குகளுக்கேற்பவும் அவ்வப்போது அறிவியல் பாடத்திட்டம் மாற்றம் செய்யப்படுகின்றது. புதிய புதிய நூல்கள் வெளியிடப்படுகின்றன. அந்த நாடுகளின் பாடத்திட்டங்களுடன் நம்முடைய அறிவியல் பாடத்திட்டத்தை ஒப்பிடும்போது நம்முடைய பாடத்திட்டத்தில் எவ்வளவு மாறுதல் தேவை என்பது விளங்கும்.

இந்தியக் கல்விக்குழுவின் அறிக்கை (1964—65)

'அறிவியலைச் சரியாகக் கற்பிக்காமல் இருப்பதும், மாணவர் மோசமாகக் கற்பதும், மாணவர் மனத்தில் பயனற்ற செய்தியைத் திணித்து, அதன் விளைவாக ஒரு புதுவித மூடநம்பிக்கையை வளர்ப்பதற்கு ஒப்பாகும்' என்று 1964-ல் அமைக்கப்பட்ட கொத்தாரிக் கல்விக் குழுவினர் கருத்துத் தெரிவித்துள்ளனர். இந் நிலையைச் சீராக்கப் பின்வரும் சில பரிந்துரைகளைச் சொல்லியுள்ளனர்:

1. பத்து ஆண்டுகள் பள்ளிக் கல்வி பயிலுகின்ற எல்லா மாணவருக்கும் அறிவியலும் கணிதமும் கட்டாயமாகக் கற்பிக்க வேண்டும்.

2. முதல் இரண்டு வகுப்புகளில் அறிவியல் கல்வி மாணவர் களது உற்றுநோக்கும் திறனை வளர்க்கும் வகையிலும், 3, 4ஆம் வகுப்புகளில் அறிவியல் அடிப்படைக் கருத்து களையும், 5,6,7ஆம் வகுப்புகளில் மாணவரது ஆய்வுச் சிந்தனையை வளர்க்கும் முறையில் பொருளியல், புவி இயல், உயிர்நூல், வேதியியல், வானியல் போன்ற பாடங்களையும், 9,10ஆம் வகுப்புகளில் கீழ்வகுப்புகளில் பயின்ற பாடப்பகுதிகளை மையமாகக் கொண்டு ஒவ்வொரு பாடப்பகுதியிலும் ஏற்பட்ட புதிய மாற்றங் களையும், உயர்ந்த அறிவையும் கற்பிக்க வேண்டும். 4ஆம் வகுப்பிலேயே ரோமன் குறியீடுகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். நில இயல் (Earth Science) என்ற புதிய பாடப் பகுதியை உயர்நிலை வகுப்பில் இணைத்தல் வேண்டும்.

3. ஒவ்வொரு தொடக்க நிலைப்பள்ளியிலும் ஓர் அறிவியல் பகுதியையும் (Science Corner), ஒவ்வோர் உயர் தொடக்கப் பள்ளியிலும் ஒரு விரிவுரை-ஆய்வகமும் (La boratory-Cum-Lecture Room) இருத்தல் வேண்டும்.

4. ஆய்வக வசதிகள் நன்கமைந்த சில பொறுக்கி எடுத்தப் பள்ளிகளில் திறமை படைத்த மாணவர்க்குச் சிறிது உயர் நிலையில் அமைந்த அறிவியல் பாடத்திட்டத்தை அமைத்துக் கற்பிக்கலாம்.

5. கிராமப் பகுதிகளில் அறிவியல் கல்வி விவசாயத் தொழி லுடன் தொடர்புகொண்டும், நகர்ப்புறங்களில் தொழிற் துறைகளுடன் தொடர்பு கொண்டும் அமைதல் வேண்டும்.

6. அறிவியல் கற்பிக்கும் முறைகள் ஆராயும் போக்கை அடிப்படையாகக் கொண்டு அறிவியல் கருத்துகளை நன்கு பொருளுணர்ந்து கற்றுத் தேறும் வகையில் புதிய முறைகளைப் பயன்படுத்துதல் வேண்டும். இதனைச் செயற்படுத்தும் வகையில், ஆசிரியர்க்குதவும் குறிப்பு களடங்கிய துணைப் புத்தகங்கள் தயாரிக்கப்படுதல் வேண்டும். ஆய்வக வேலையிலும் புதிய போக்கைப் பின் பற்ற வேண்டும்.

7. உயர்கல்வி நிலையில் ஆராய்ச்சிக்கான வழி முறைகள் அமைக்கப்படுதல் வேண்டும்.

கோடைகால அறிவியல் பயிற்சி நிலையங்கள் (Summer Institutes)

அண்மையில் வளர்ச்சி பெற்றுள்ள அறிவியல் செய்திகளையும், மேல்நாடுகளில் கல்வி கற்பிப்பதில் பின்பற்றப்படும் புதிய போக்கு களையும் அறிவியல் ஆசிரியருக்கு அறிவித்தற்பொருட்டு, நாட்டின் பல்வேறு பகுதிகளில் கணிதம், அறிவியலின் பகுதிகள் ஆகிய வற்றில் கோடைகாலப் பயிற்சி வகுப்புகள் சென்ற 1964ஆம் ஆண்டிலிருந்து நடத்தப்பெற்று வருகின்றன. அண்மையில் உயர்நிலைப் பள்ளி மட்டத்திலும் அறிவியல் பாடப்பகுதிகள் மாற்றப்பட்டு, புதிய சிந்தனைகளுக்கு இடம் அளிக்கப் பட்டுள்ளன. இப் பயிற்சி வகுப்புகளில் ஆசிரியர்கள் பங்கு கொண்டு சிறந்த பயனைப் பெறுகின்றனர்.

பயிற்சி வினாக்கள்

1. அறிவியல் வளர்ந்த வரலாற்றினைக் கூறும் நூல்களைப் படித்து அறிவியல் வளர்ச்சியினை அறிந்துகொள்க. அறிவியல் மனப் பான்மை அறிவியல் வளர்ச்சிக்கு எவ்வாறு துணை செய்தது என்பதனையும் ஆராய்க.

2. அறிவியல் கற்பித்தலைக் குறித்துக் 'கொத்தாரிக் கல்விக் குழு வினர்' தெரிவித்துள்ள பரிந்துரைகளை விவரமாகப் படித்து அறிக.

2. அறிவியல் கற்பித்தலின் நோக்கங்கள்

அறிவியல் கற்பித்தலில் எவ்வளவு பாடங்கள் கற்பிக்கப் பட்டன, எவ்வளவு புத்தகங்கள் படிக்கப்பட்டன என்பதைவிட அப் புத்தகத்திலுள்ள செய்திகள் என்னென்ன மாற்றங்களை, விளைவுகளை மாணவரிடையே ஏற்படுத்தின என்று அறிவதே முக்கியம். மாணவர்களின் சிந்தனையில், சிந்திக்கும் முறையில், அவர்களது வேலை செய்யும் திறனில் முக்கியமான விளைவுகள் ஏற்படுத்தினால்தான், அறிவியல் கலைப்பாடத்திட்டத்தில் இருக்கத் தகுதி உண்டு. பல ஆண்டுகள் வரை அறிவியலில் செய்திகளைக் கற்பிப்பதே முழு நோக்கமாகக் கருதப்பட்டு வந்தது. அறிவியல் செய்திகளை மட்டும் கற்பித்து, அச் செய்திகளின் அடிப்படை யிலேயே மாணவரது சிந்தனையும் கட்டுப்படுத்தப்பட்டது. அறிவியல் பிரச்சினைகளைத் தீர்க்க உதவும் நுட்பங்களையோ, அறிவியல் மனப்பான்மைகளை வளர்ப்பதிலோ, இரசனை உணர்ச்சியை வளர்ப்பதிலோ கவனம் செலுத்தப்படவில்லை.

பல நூற்றாண்டுகள் வரை 'அறிவியல்' என்றொரு தனியான பாடமே பள்ளித்திட்டத்தில் ஏற்படுத்தப்படவில்லை. அரை நூற்றாண்டுக்கு முன்னர்க்கூடப் பள்ளிக் கலைப் பாடத்திட்டத்தில் அறிவியல் இடம் பெறுவதற்குப் போராடிக்கொண்டிருந்தது. ஆனால், 'இன்று .அறிவியல் மற்ற எல்லாப் பாடங்களையும் தள்ளி விட்டு மேலோங்கி நிற்கும் நிலை உருவாகியுள்ளதைக் காண்கிறோம். இன்று அறிவியல் துறையில் ஏற்பட்டுள்ள விரைவான வளர்ச்சி யினால், அறிவியல் அறிவு மாணவர்களின் முழு வளர்ச்சிக்கு இன்றி யமையாதது என்று உணரப்பட்டுள்ளது. அறிவியல் துறையில் ஏற்பட்டுள்ள வளர்ச்சி ஒருபுறம் அமைந்தாலும், அறிவியல் பாடத்தின் தன்மையைக் கருதிப் பாடத்திட்டத்தில் புகுத்த வேண்டிய நிலை இன்று உருவாகியுள்ளது. அறிவியல் முறையிலும், ஒழுங்குபடுத்திச் செய்திகளை அமைப்பதிலும், காரணகாரியத்

தொடர்பு ஏற்படுத்தித் தர்க்கரீதியில் செய்திகளை அமைப்பதிலும், கற்பனையை வளர்ப்பதிலும் அறிவியலுக்குத் தனியான இடம் உண்டு.

எந்த நோக்கங்கள் கருதி அறிவியல் பள்ளிப் பாடத் திட்டத்தில் இணைக்கப்படுகின்றது என்று தெளிவாக்கப்பட்டால் தான், எவ் வகைப் பாடப் பொருளைத் தேர்ந்தெடுப்பது என்பதையும், அப் பொருளைக் கற்பிக்கப் பயன்படுத்தும் முறைகளையும், நுட்பங்களையும் அமைக்க முடியும். பொதுவாகக் கல்வியின் நோக்கங்களை அடிப்படையாகக்கொண்டே, குறிப்பிட்ட பாடத்தின் நோக்கங்களும் அமைதல் வேண்டும் என்ற கருத்திற்கொப்ப, அறிவியல் பாடம் கற்பிப்பதன் நோக்கங்களையும் தெளிவுபடுத்தலாம். அறிவியல் கற்பிப்பதன் நோக்கங்களை இரு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம் என்று தர்பரும் (Thurber), கொலெட்டும் (Collette) கூறுகின்றனர்.

பாடச் செய்திகளை அறிவதும், சில தனித்திறமைகளை வளர்ப்பதும், பாடப் 'பொருள் நோக்கங்கள்' (Subject matter Objectives) என்றும், சில முறைகளில் சிந்தனைப்போக்கை வளர்ப்பதும், நடைமுறைப்படுத்துவதும் 'நெடுங்கால நோக்குகள்' (Long range Objectives) என்றும் பிரிக்கின்றனர். ஆனல், இவை இரண்டுமே ஒன்றோடொன்று நெருங்கிய தொடர்புடையவை. பாடப் பொருள் நோக்கு, பாடப்பொருளைத் தேர்ந்தெடுப்பதைக் கட்டுப்படுத்துகின்றது. நெடுங்கால நோக்குகள், தேர்ந்தெடுத்த பாடப் பொருளை எவ்வாறு கற்பிப்பது என்ற முறையினைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன. ஆகவே, ஒன்றில்லாமல் மற்றொன்றில்லை என்பதை உணரலாம்.

இன்று உலகில் அறிவியலின் வளர்ச்சி காரணமாக அமைந்துள்ள சூழ்நிலையில் மாணவர்கள் தங்களைப் பொருத்தப்பாடு செய்துகொள்ள எந்தெந்த வழிகளைக் கையாள வேண்டுமென்பது அறிவியலைப் பள்ளியில் கற்பிக்கும் நோக்கங்களைச் சார்ந்து அமையும். இவ்வாறு தேர்ந்தெடுக்கும் அறிவியல் நோக்கங்கள் முற்றிலும் பயன்படுவனவாக (Functional) இருத்தல் வேண்டும். இந் நோக்கங்களைத் தேர்ந்தெடுக்கும்போது கீழ்க்கண்ட அடிப்படைக் கோட்பாடுகளைக் கருத்தில் கொள்ளலாம்:

1. நோக்கங்கள் வகுப்பில் ஆசிரியர் கடைப்பிடிக்கக்கூடியவையாக இருத்தல் வேண்டும்.

2. கற்றலின் தத்துவங்களை அடிப்படையாகக்கொண்டு உளநூல் முறைப்படி அமைதல் வேண்டும்.

3. திட்டமிடும் நோக்கங்கள் நிறைவேறக்கூடியனவாக இருத்தல் வேண்டும்.

4. குடியரசு நாட்டிற்கு ஏற்றாற்போல அமைதல் வேண்டும்.

5. பள்ளியில் கற்பிக்கும் பாடத்திற்கும், செயலுக்கும், நடைமுறைப் பழக்கங்களுக்கும் நெருங்கிய தொடர்பு இருத்தல் வேண்டும்.

இக் கோட்பாடுகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு அறிவியல் கற்பிப்பதன் நோக்கங்களைக் கீழ்க்கண்டவாறு அமைக்கலாம்:

1. சூழ்நிலையை நன்றாக அறிந்துகொள்ளத் தேவையான அடிப் படைச் செய்திகளைக் கற்பித்தல்.

2. அறிவியல் அறிஞர்களின் முறைகளையும், மனப்பான்மை களையும் அறிவித்தல்.

3. உடலைப் பாதுகாத்துக்கொள்ளத் தேவையான அறிவைக் கற்பித்தல்.

4. அறிவியல் முறையில் பயிற்சி கொடுத்தல்.

5. வாழ்க்கையில் ஏற்படும் பிரச்சினைகளைத் தீர்க்கத் தேவையான அறிவைக் கொடுத்தல்.

6. அறிவியல் அறிஞர்களின் கண்டுபிடிப்புகளைக் கண்டு வியந்து, பாராட்டி மகிழ்தல்.

7. அறிவியலில் ஆர்வத்தைத் தூண்டி, மேற்கொண்டு அறிவியல் துறையில் மாணவரை ஈடுபட ஊக்குவித்தல்.

8. அறிவியல் இலக்கியங்களைப் படிக்கத் தேவையான அறிவியல் செய்திகளைப் பரவலாக அறிந்தும், அறிவியல் சொற்றொடர் களை அறிந்தும் படிக்கத் தூண்டுதல்.

9. ஓய்வு நேரத்தைச் சிறப்பாக்கும் முறைகளை மாணவர்க்குக் கற்பித்தல்.

10. புறவயத்தன்மையுடன் எந்தப் பிரச்சினையையும் ஆராயப் பயிற்சி அளித்தல்.

11. துல்லியம் (Accuracy), விடாமுயற்சி (Persistence), நேர்மை (Honesty), தன்மனக் கட்டுப்பாடு (Self-Control), உண்மை (Truth), தூய்மை (Neatness) போன்ற அரிய பண்புகளை வளர்த்தல்.

12. அறிவியல் கருவிகளைப் பயன்படுத்தத்தேவையான அறிவை வளர்த்தல்.

13. சோதனை செய்யும் ஆற்றலை வளர்த்தல்.

14. மூட நம்பிக்கைகளையும் தவறான கொள்கைகளையும் நீக்குவதற்குத் தேவையான அறிவை அளித்தல்.

15. அறிவியல் இன்றைய வாழ்வினை எவ்வாறு மாற்றி அமைத்துள்ளது என்பதை அறிந்துகொள்ளச் செய்தல்.

இவை போன்று பல நோக்கங்களைச் சொல்லலாம் எனினும், இவை எல்லாவற்றைப்பற்றியும் தனித்தனியாக விரிவாகக் கூறாமல், சில முக்கியமான நோக்கங்களாகச் சுருக்கி, இங்கு விரிவாகக் காண்போம்.

1. உபயோகப்படும் செய்திகளையும் (Informations), கொள்கைகளையும் (Concepts), தத்துவங்களையும் (Principles) கற்பித்தல்

இதுகாறும் அறிவியல் சம்பந்தமான செய்திகளையும் கொள்கைகளைப்பற்றியும் மட்டுமே கற்பித்தல் முக்கியமான நோக்கமாகக் கருதப்பட்டு வந்தது. கற்பிக்கப்படும் தத்துவங்களும், கொள்கைகளும் மாணவர்தம் அன்றாட வாழ்விலோ அல்லது பிற்கால வாழ்க்கையிலோ பயன்படுத்தும்படியாக அமைய வேண்டுமே தவிர, இவற்றைப்பற்றிய அறிவை மட்டும் பெறுவதுடன் நின்றுவிடக் கூடாது என்ற கருத்து தற்பொழுது வலியுறுத்தப்படுகிறது. பெரும்பாலும் மாணவர்கள் அன்றாட வாழ்வில் சில கருத்துகளைப் பயன்படுத்தி, தங்களைச் சூழ்நிலையுடன் பொருத்தப்பாடு செய்துகொள்வதில் துணை செய்ய வேண்டும். சூரியன், நிலவு, நட்சத்திரங்கள், புவி, காலநிலை பற்றிய இவ்வண்டத்தைப்பற்றியும், பல்வேறு உயிரினங்கள் பற்றியும், உடலைப்பற்றியும் அறியும் செய்திகள் அவ்வப்போது மாணவர்தம் வாழ்வில் ஈடுபடுத்துவன; இயற்கையைப்பற்றி அறிந்துகொள்ள உதவுவன. 'அண்டவெளி' (Space) அளவிடற்கரியது; புவி மிகப் பழமை வாய்ந்தது; எல்லா உயிரினங்களும் மிகச் சிறிய உருவிலிருந்து தோன்றியவையே போன்ற அறிவியல் கொள்கைகள் புற உலகைப்பற்றி அறிந்துகொள்ள மாணவருக்குத் துணை செய்வன. 'எல்லா உயிரினங்களும் தங்களின் இனத்தைப் பெருக்குகின்றன. சக்திக்கு அழிவில்லை. ஆனால், ஒரு சக்தியை யாதொரு சக்தியாக மாற்ற இயலும்' போன்ற அறிவியல் தத்துவங்கள் புற உலகைப்பற்றித் தெளிவாக அறிந்துகொள்ள உதவும் கருத்துகள். இன்று அறிவியல் வளர்ச்சி மனித வாழ்வின் பல்வேறு

கூறுகளையும் தொடாத இடமில்லை. ஆகவே, அவற்றை நன்கு புரிந்துகொண்டு செயலாற்றவும், வாழ்க்கையை இன்பமாக மாற்றிக்கொள்ளவும் அறிவியல் அறிவு இன்றியமையாதது.

மனித உடலை நலமுடன் பாதுகாப்பதற்குத் தேவையான அடிப்படை சுகாதார வசதிகளும், நோய்கள் கண்டவிடத்து அவற்றை உடனடியாக நீக்குவதற்கும் அறிவியல் அறிவு தேவையாகின்றது. தொழில் துறையிலும், விவசாயத் துறையிலும் அறிவியல் அறிவு சிறந்த பயனை அளித்துள்ளது. குறிப்பாக, அறிவியலின் ஒரு பகுதியாகக் கரிம வேதியியல் (Organic Chemistry) அறிவு மனித வாழ்க்கையில் மிக நெருக்கமாக ஈடுபடுத்தப் பட்டுள்ளதுபோல் வேறு எந்தப் பகுதியும் இல்லை என்றுகூடச் சொல்லலாம். மனிதனின் இன்றியமையாத் தேவையான உணவு, எரிபொருள், உடை, உடலோம்புவதற்குத் தேவையான கருவிகள், விலையுயர்ந்த இரசனைப் பொருள்களான வாசனைப் பொருள்கள், அழகு சாதனங்கள் (Cosmetics) போன்ற அனைத்தும் கரிம வேதியியல் அறிவைக்கொண்டே நிகழும் செயல்கள் ஆகும். மனித உடலமைப்பேகூடத் தாவரங்களிலிருந்தும், பிராணிகளிலிருந்தும் பிரித்தெடுக்கப்பட்ட பல ஆயிரக்கணக்கான செல்கள் என்று சொல்லப்படும் கரிம வேதியியற்பொருள்களைக் (Organic Compounds) கொண்டு ஆக்கப்பட்டதுதான். மேலும், வாழ்க்கைத் தரத்தை உயர்த்துவதற்கும், செய்திப் போக்குவரத்துத்துறையிலும் ஓய்வு நேரத்தை இன்பமாகக் கழிப்பதற்கும் பயன்படும் பல கருவிகள் பொருளியல் அறிவைக்கொண்டே நிகழ்ந்தன என்பதும் அறிதல் வேண்டும். சென்ற நூற்றுண்டில் ஒரு பெரிய மாமன்னர்கூட அனுபவித்திராத இன்பங்கள் அனைத்தையும் இன்று சாதாரண மனிதன் தன் அறையில் இருந்தவாறே நுகரலாம் என்பதை எண்ணும்போது அறிவியல் அறிவு எவ்வளவு வாழ்க்கையுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளது என்பதை மறுத்தற்கில்லை. ஆகவே, இந்த அடிப்படை அறிவைத் தேவைப்படும் அளவுக்குக் கற்பிப்பதே பள்ளியில் அறிவியல் கற்பிப்பதன் தலைசிறந்த நோக்கமாகும்.

2. கருவிகளைக் கையாளும் திறன்களையும், பிரச்சினைகளைத் தீர்க்கும் திறன்களையும் வளர்ப்பதற்குப் பயிற்சி அளித்தல் (Development of skill in handling apparatus and equipment, problem solving)

பொருளியல் பாடம் முழுவதும் அளவீடுகளை அடிப்படையாகக் கொண்ட செயல்முறைப் பாடமாகும். பல சோதனைகளை மாணவர்கள் செய்யும்போது அவர்களது கைத்திறன்கள்

வளர்க்கப்படுகின்றன. நுல்லியமான கருவிகளைப் பயன்படுத்திச் செய்திகளைச் சேகரிப்பதிலும், சோதனைக்கான கருவிகளை அமைப்பதிலும், அளவிடும் கருவிகளைக்கொண்டு அளந்தறிவதிலும் மாணவரது திறன்கள் பல வளர்க்கப்பட வேண்டும். எந்தப் பாடப் பகுதியை எடுத்துக்கொண்டாலும், வெவ்வேறு விதமான தொல்லைகளை ஏற்படுத்தும் சோதனைகள் இருக்கத்தான் செய்கின்றன. உயிரியல் பொருளைப் பிரித்துக் காட்டும் (Dissection) சோதனைகளில் பயன்படுத்த வேண்டிய பல திறன்கள், பொருளியலிலோ அல்லது வேதியியலிலோ இல்லை எனச் சொல்லலாம். அதே போன்று ஆக்ஸிஜன் தயாரிக்கும் சோதனையைவிடக் கன அளவு அறிபகுப்பு (Volumetric Analysis) சோதனைகளில் அதிக அளவு திறன்களைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

அறிவியலில் இத் திறன்கள் மட்டுமன்றி, பிரச்சினைகளைத் தீர்க்கும் திறன்களும் வளர்க்கப்பட வேண்டும். எந்த ஒரு பிரச்சினை ஏற்பட்டவிடத்தும், அப் பிரச்சினையைப் பகுத்துப் பார்த்து, நன்கு உணர்ந்து, அதைத் தீர்ப்பதற்குத் தேவையான சரியான வழிமுறைகளைத் தேர்ந்தெடுத்து அமைப்பதிலும், அவற்றிலிருந்து கிடைக்கும் உண்மைகளையும், தகவல்களையும் உற்றுநோக்கி அறிவதிலும், அவ்வாறு காரண காரியத் தொடர்பை ஏற்படுத்துவதிலும், தற்காலிக முடிவை (Hypothesis) ஏற்பதிலும், பின் மேலும் கிடைத்த தகவல்களிலிருந்து தெளிந்த முடிவை ஏற்பதிலும் பலவகைத் திறன்கள் வளர்க்கப்பட வேண்டும். இதையே சுருக்கமாக அறிவியல் முறை (Scientific Method) என்று சொல்லுகிறோம். ஆகவே, பிரச்சினைகளைத் தீர்ப்பதற்கு அறிவியல் முறையில் மாணவர்களுக்குப் பயிற்சி அளிக்கப்பட வேண்டும்.

3. அறிவியல் மனப்பான்மைகளை வளர்த்தல்

அறிவியல் கற்பிப்பதில் மனப்பான்மைகள் முக்கியத்துவம் பெற்றவை. அறிவியல் மனப்பான்மைகள் அறிவியல் பாடம் கற்பிப்பதன் விளைவாக ஏற்படுகின்றன என்று அறிவியல் ஆசிரியர்களில் ஒரு சாரார் கருதுகின்றனர். அண்மைக் காலமாக அறிவியல் ஆசிரியர்கள் செய்திகளைக் கற்பிப்பதைவிட அறிவியல் மனப்பான்மைகளை நேரிடையாகவே அறிவியல் செய்திகளைக் கற்பிப்பது போலக் கற்பிக்க வேண்டும் என்று கருதுகின்றனர். அறிவியல் மனப்பான்மை என்றால் என்ன? அறிவியல் மனப்பான்மையுடையவர்கள்,

1. சுற்றுப்புறத்தைப் பற்றி அறிந்துகொள்ள ஆர்வம் காட்டுவர்.

2. ஒவ்வொரு விளைவிற்கும் (Effect) இயற்கையான காரணம் (Natural cause) உண்டு என்று நம்புவர்.

3. திறந்த மனத்துடன் செயல்படத் தொடங்குவர்.

4. எதையும் திறனாய்வு செய்யும் மனத்தினர்.

5. மூட நம்பிக்கைகளை அறவே நம்பாதவர்.

6. ஒத்துக்கொள்ளும் வகையில் நிரூபிக்கப்படாத செய்திகளை ஏற்றுக்கொள்ளத் தயங்குவர்.

7. புதிய விளக்கம் கிடைத்த பின்னர், தங்களுடைய பழைய கருத்துகளை மாற்றிக்கொள்ளும் இயல்பினர்.

8. மற்றவர்கள் கருத்துகளுக்கு மதிப்புக் கொடுப்பவர்.

9. நேர்மை, பொறுமை, விடாமுயற்சி, நியாயம் போன்ற நற்பண்புகள் அமையப் பெற்றவர்.

ஆகவே, மேற்கூறிய வகையில் மாணவர்கள் அறிவியல் மனப் பான்மை பெற்றவராகச் செய்தல் ஆசிரியரது கடமையாகும். மாணவர்கள் மனத்தில் பல தவறான கருத்துகள் இடம் பெற்று விடுகின்றன. மூடப்பழக்க வழக்கங்களும், உணவு விஷயத்தில் முரட்டுப் பிடிவாதமும், சோதிடம், கைரேகை போன்றவற்றில் நம்பிக்கையும், உடல் நோயுற்ற காலத்துத் தானே வைத்தியம் செய்துகொள்ளுதலும் போன்ற அறியாமையை உடனடியாக நீக்குதல் வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, இலக்கியத்தில் 'கல்லினுள் தேரை' இருந்ததாக நிகழ்ச்சிகள் சொல்லப்பட்டிருக்கின்றன, கதைகளும் பின்னப்பட்டுள்ளன என்று மற்றவர் சொல்லக் கேட்டு உண்மை என எண்ணுதல் அறிவியல் மனப்பான்மையா காது. 'கல்லினுள் தேரை உயிர் வாழ முடியுமா?,' என்ற கருத்தைச் சிந்தித்துப் பார்த்து ஆராய வேண்டும். இது போன்று மாணவர்களை அறிவியல் மனப்பான்மை கொண்டு செய்திகளை ஆராயத் தூண்ட வேண்டும்.

4. அறிவியல் அறிஞர்களின் பணியை அறிந்து பாராட்டி மகிழ்தல்

அறிவியல் என்பது பலமுறை சோதனைக்குட்படுத்தப்பட்ட விதிகளையும், தத்துவங்களையும் கொண்ட அறிவு என்று எண்ணும் போதும், இவ்வறிவினை நிறுவுவதற்கு அறிவியல் அறிஞர்கள் எவ்வாறு பாடுபட்டனர், தொல்லைக்குட்படுத்தப்பட்டனர், எங்கெங்கிருந்து தூண்டுகோல் பெற்றனர் என்றெல்லாம் படிக்கும்

போதும் மாணவர்களின் ஆர்வம் அறிவியலில் தூண்டப் பெறுதல் மட்டுமன்றி, அறிவியல் அறிஞர்களைப் பாராட்டவும் தயங்க மாட்டார்கள். இன்று சூரியக் குடும்பத்தைப் (Solar System) பற்றிய அறிவு நமக்குத் தெளிவாகத் தெரியும் என்றாலும் அன்று எல்லாக் கோள்களும் இப் புவியுடன் சேர்ந்து சூரியனைச் சுற்று கின்றன என்று சொன்ன கலிலியோவுக்குக் கிடைத்த ஆயுள் தண்டனையை எவரும் மறக்க இயலுமா? நீதி மன்றத்தில் கட்டாயப்படுத்தி 'அவ்வாறு இல்லை' என்று அவரைச் சொல்லச் செய்தாலும், இறுதிவரை 'இருந்தாலும் அது நகருகிறது' (Yet it moves) என்று சொல்லிக்கொண்டு உண்மையை மறுக் காத கலிலியோவைப் பாராட்டாமல்தான் இருக்க முடியுமா? லூயி பாஸ்டர் தாம் கண்டுபிடித்த வெறிநாய்க் கடிக்கான மருந்தினை (antirabis Vaccine) முதன்முதலில் வெறிநாய் கடித்த சிறுவன் ஒருவனுக்குக் கொடுத்து, அவன் குணமாகும் வரை கண் அயராது இருந்ததையோ, கியூரி தம்பதியர் மாட்டுத் தொழு வத்தில் பிட்ச் பிளென்ட் (Pitch Blende) தாதுவை மலையாகக் குவித்துக் கெட்டிலில் விட்டுக் கரைத்துக் கரைத்துப் பல நாள்கள் ஊண் மறந்து, உறக்கத்தை மறந்து அல்லற்பட்டு ரேடியத்தைக் கண்டுபிடித்த நிகழ்ச்சியையோ பாராட்டாமல் இருக்க முடியுமா? ஓடும் இரயிலில் சிறு சிறு சோதனைகள் செய்துகொண்டே செய்தித்தாள் விற்கும் பையனாக இருந்தும், ஒருமுறை பயன் படுத்திய பாஸ்பரத்தினால், இரயில் பெட்டி தீப்பிடித்து, அதன் காரணமாகத் தாமஸ் ஆல்வா எடிசன் என்ற சிறுவனை இரயில்வே கார்டு (Guard) அறைந்ததும் வாழ்நாள் முழுவதும் காது கேளாமல் இருந்தும், எண்ணற்ற கருவிகளை அமைத்து, மனித நாகரிக வளர்ச்சிக்கு உதவிய தாமஸ் ஆல்வா எடிசனையும் மறத்தற்கில்லை. இன்றைய நாகரிக உலகில் நாம் பயன்படுத்தும் ஒவ்வொரு கருவியும், அது செயல்படும் விதத்தையும் கண்டு வியந்து பாராட்டாதார் யாருளர்? பரந்து விரிந்து கிடக்கும் எல்லையற்ற (Infinite) அண்டவெளியையும் அளவிடற்கரிய மிக நுண்ணிய அணுக்கருவிலிருந்து வெளிப்படும் அளவற்ற சக்தி யையும், அளவிட இயலாத காலச்சக்கரத்தையும், இயற்கையில் ஒவ்வொரு நிகழ்ச்சியின் விளைவுக்கும் (Effect) வினைக்கும் (Cause) உள்ள தொடர்பையும் அறிந்து, வியந்து பாராட்ட அறிவியல் அறிவு தேவைப்படுகின்றது.

இருட்டறையில் ஒலி அதிர்வுகளை ஏற்படுத்தி, செலுத்தி அவை திரும்பப் பெற்ற உணர்விலிருந்து எவ்வித பொருள்கள்மீதும் மோதிக்கொள்ளாமல் பறந்து செல்லும் வௌவாலைக் கண்டு வியந்து அறிவியல் அறிஞர் ரேடார் (Radar) சாதனத்தைக்

கண்டுபிடித்ததையும், வானத்தில் வட்டமிடும் பறவைகளை மனிதனின் பறக்கும் முயற்சிக்கு முன்னோடியாக அமைந்ததையும், மரத்துண்டுகளை அரைத்துக் கூழாக்கி, அழகிய மெல்லிய கூடுகளை அமைத்த குளவியே (Wasp) ஜெர்மன் விஞ்ஞானிக்கு நவீன கால பேப்பரைச் செய்யும் முறைக்குத் தூண்டுகோலாக அமைந்த செய்கையும் அறிந்து போற்றத்தக்கவையே ஆகும்.

அறிவியல் நிகழ்ச்சிகளையார் வேண்டுமானாலும் பாராட்டலாம். ஆனால், அறிவியல் படித்த மாணவர் பாராட்டுவதற்கும், அறிவியல் அறிவு இல்லாதவர் பாராட்டுவதற்கும் நிறைந்த வேறுபாடு உண்டு. சூரியன் மாலையில் மறையும்போது, வானத்தில் தோற்று விக்கின்ற காட்சி அன்றாடம் புதியது. இக் காட்சியைக் கண்ட புரட்சிக் கவிஞர் 'பழங்காலத்து இயற்கை செய்யும் புதுக்காட்சி பருகு தம்பி' என்று வருணித்துச் சொல்கிறார். ஆனால், அறிவியல் மாணவன் இந்த இரசனை உணர்ச்சியுடன் நின்று விடுவதில்லை; அக் காட்சி தோன்றுவதற்கான காரணங்களையும் அறிந்து இரச னையில் ஈடுபடுகிறான். வால் நட்சத்திரங்கள் குறிப்பிட்ட காலங் களில் தவறாது தங்கள் பாதையிலிருந்து விலகாமல் தோன்றுவதும், சூரிய, சந்திர கிரகணங்கள் தவறாது குறிப்பிட்ட நேரத்தில் தோன் றுவதும் இயற்கையில் ஓர் ஒழுங்கு இருப்பதைக் காட்டுகின்றன. ஆகவே, இயற்கை நிகழ்ச்சிகள் ஒவ்வொன்றையும் அவற்றி னிடையே அமைந்திருக்கும் ஒழுங்கையும் (Order) அறிவியல் கண்கொண்டு இரசனை செய்வதற்குத் தேவையான அறிவை அளிப்பதே அறிவியல் கற்பிப்பதன் நோக்கமாகும்.

5. **ஓய்வு நேரத்தைச் சிறப்பாகப் பயன்படுத்தவும், பிற்கால வாழ்க் கைக்குத் தேவையான தொழிற்துறையைத் தேர்ந்தெடுக்கவும் பயிற்சி அளித்தல்**

இக் காலத்தில் எல்லாவிதத் தொழில்களில் ஈடுபட்டவருக்கும் அதிகமாக ஓய்வு நேரம் கிடைக்கின்றது. இந்த ஓய்வு நேரத்தை எவ்வாறு கழிப்பது என்பதே பலருக்கு முக்கிய வாழ்க்கைப் பிரச் சினையாக அமைகின்றது. இதற்குப் பல வழிகள் இருப்பினும், பயனுள்ள சில வேலைகளில் ஈடுபடுவது மனதிற்குப் புத்துணர்ச் சியையும், புதியது புனைய வாய்ப்பையும் அளிக்க வல்லது. இவ்வாறு பொழுதுபோக்கு வேலைகள் (Hobbies) பல இருப்பினும், சில செயல்கள் அறிவியல் பாடத்துடன் தொடர்புடையன. தோட்ட வேலை (Gardening), தேனீ வளர்த்தல் (Bee Keeping), கோழி வளர்த்தல் (Poultry Keeping), நிழற்படம் எடுத்தல் (Photography), ரேடியோ செய்தலும் செப்பனிடுதலும் (Radio servicing) போன்ற செயல்கள் அறிவியல் அறிவை அடிப்படை

யாகக் கொண்டு நடைபெறுவன. இவற்றைத் தொழிலாகக் கொண்டவர்கள்கூட, இச் செயல்களில் பயன்படுத்தும் அறிவியல் தத்துவங்களைப் புரிந்துகொண்டு செயல்படுவராயின், மிகச் சிறந்து விளங்குவர் என்பது கண்கூடு. இதன் காரணமாகவே இப்போது பொழுதுபோக்கு அறிவியல் (Popular Science) என்ற புதிய துறையே உருவாகியுள்ளதைக் காணலாம். இத் துறை களைப்பற்றி ஏராளமான நூற்களும், சஞ்சிகைகளும் வெளியிடப் படுகின்றன. வாழ்க்கைத் தொழில் வேறாக அமைந்தவர்கூடத் தங்கள் செயல் திறன்களைப் பயன்படுத்தி மகிழ்ச்சியையும், புத்துணர்ச்சியையும் காண்பது இது போன்ற ஓய்வு நேர வேலை களில்தான் என்பதை உணருதல் வேண்டும். சென்ற நூற்றாண்டில் வாழ்ந்த ஆஸ்திரியா நாட்டுக் கிறித்துவப் பாதிரியார் ஆல்பிரெட் மென்டெல் (Alfred Mendel) மதகுருவாக அமைந்தாலும், ஓய்வு நேரத்தில் தம்முடைய தோட்டத்தில் உயரமான பட்டாணிச் செடிகளையும், குட்டையான பட்டாணிச் செடிகளையும் அயல் மகரந்தச் சேர்க்கை மூலம் கருவுறச் (Cross Fertilizasation) செய்து அவற்றின்மூலமாகக் கிடைத்த சந்ததியினரின் தன்மைகளை மூன்று தலைமுறைக்கு ஆராய்ந்து, அச் சோதனைகளின் முடிவுகளை எழுதி வைத்து வெளியிடாமல் மறைத்து வைத்ததையும், அவர் மறைந்த 40 ஆண்டுக் காலத்திற்குப் பின்னரே அவை வெளியிடப் பட்டதையும் நாம் அறிவோம். இன்றும் பாரம்பரியம் பற்றிய உண்மைகள், மென்டெலின் ஆராய்ச்சிமூலம் காணப்பட்ட கருத் துகளேயாகும் என்பதை உணர வேண்டும்.

இதே போன்று, மாணவர்கள் தங்கள் பிற்கால வாழ்வில் அறிவியல் ஆராய்ச்சி, மருத்துவம், பொறி இயல், விவசாயம், தொழில் நுணுக்கம் (Technology) போன்ற சில துறைகளில் ஈடுபட வேண்டுமாயின், அடிப்படை அறிவியல் அறிவு தேவைப் படுகின்றது.

6. உற்று நோக்கும் பழக்கத்தையும் நற்பண்புகளையும் வளர்க்கத் துணை செய்தல்

உற்று நோக்கல் என்ற செயல் குறிப்பிட்ட நோக்கத்தை அடிப்படையாகக்கொண்டே நிகழ்கின்றது. அவ்வாறு சோதனை களைச்செய்யும்போது, உற்றுநோக்கி அறிந்த தகவல்களை விவரித்துக் கூறுதல் (Interpretation) என்ற செயல் தன்மனவயப்பட்டது (Subjective). ஆகவே, செய்திகளைக் கூடியவரை புறத்தன்மை வாய்ந்தவையாக அமைப்பதற்கு உற்றுநோக்கல் தெளிவாகவும், தவறில்லாமலும் நடைபெற வேண்டும். இதற்கு நமக்குத் துணை

செய்யப் பல கருவிகளை உபயோகிக்கின்றோம். நீளத்தைக் காண வெறும் கண்ணால் பார்ப்பதைவிட மீட்டர் அளவுகோல் கொண்டு அளக்கும்போது, அளவு புறவயத்தன்மை கொண்டுள்ளது. விவரித்துக் கூறுவதிலும் தவறு ஏற்படாது. ஆகவே, இது போன்று நமது கண்ணையும் நம்பாமல் நமக்குத் துணை செய்யப் பல அளவீடு கருவிகளைக்கொண்டு அளந்து காண்பதற்கு அறிவியல் உற்று நோக்கல் (Scientific Observation) என்றும் சொல்வதுண்டு.

மேலும் இன்று குடியரசு நாட்டில் ஒவ்வொரு குடிமகனும் சுருக்கமாகவும் திருத்தமாகவும் பேசவும், தெளிவாக எழுதவும் போதிய பயிற்சி தேவை. அறிவியல் கருத்துகளையும் ஆய்வகக் குறிப்பேடுகளையும் சுருக்கமாக எழுதுமாறு பயிற்று விப்பதால், மாணவர்களுக்கு இப் பயிற்சி வாழ்க்கைக்கும் சிறந்த பயிற்சியாக மாறுகிறது. அதுமட்டுமன்றி, பல நூல்களைப் படிக்கும்போதும், அவற்றைத் திறனாய்வு செய்து, அச் செய்திகள் உண்மையானவையா என்று அறிவியல் மனப்பான்மையுடன் மதிப்பிடவும் பயிற்சி ஏற்படுகிறது.

சோதனைகளில் ஈடுபடும்போது, சரியான முடிவு வரும்வரை காத்திருக்கும் பொறுமை, விடாமுயற்சி, திடீரென்று அவசரப் பட்டு முடிவுக்கு வராமல், திரும்பத் திரும்பச் செய்து அதன் அடிப்படையில் முடிவு செய்தல், தவறான எண்ணமோ (Prejudice) அல்லது பிடிவாத குணமோ கொள்ளாமல் புறவயத்தன்மையுடன் எப் பிரச்சினையையும் ஆராய்தல் போன்ற நற்பண்புகள் அறிவியல் கற்பித்தலால் வளர்க்கப்படுகின்றன. இப் பயிற்சி வாழ்க்கைக்கும் மாற்றி அமைக்கப்படுகின்றது (Transfer of training) என்றால் மிகையாகாது. அறிவியல் மனப்பான்மை பெற்ற மக்கள் வாழும் நாடு அறிவியல் வளர்ச்சியிலும், தொழில் துறையிலும் வளம் பெற்றுச் சிறந்து விளங்குவதைக் காணலாம். சுருக்கமாகச் சொன்னால் அறிவியல் மக்களைச் சிந்திக்கத் தூண்டுகிறது; மனத்தைக் கட்டுப்படுத்துகிறது.

7. அறிவியல் பாடத்தில் மாணவரது ஆர்வத்தினைத் தூண்டுவது

அறிவியல் பாடத்தில் மாணவரது ஆர்வத்தை வளர்ப்பதற்கு ஆசிரியர் அன்றாடம் கற்பிக்கும் செய்திகளையும், வகுப்பறை யையும் கவர்ச்சிகரமாக அமைக்க வேண்டும். ஆர்வமுள்ள ஆசிரியரால்தான் இதனை நன்கு செய்ய முடியும். பிள்ளைகளுக்கு இயற்கையிலேயே ஓடும் பொருள்கள்மீதும், வளரும் செடி கொடிகள்மீதும், பிராணிகள்மீதும் ஆர்வமுண்டு. இவ்வார்வமே கவர்ச்சிக்கு அடிப்படையாகும். ஐந்து வயது குழந்தையைத்

தோட்டத்திற்கு அழைத்துச் சென்று ஒரு விதையை ஊன்ற, இரண்டு அல்லது மூன்று நாள்கள் கழித்து அது முளைத்து வெளி வருவதைக் காட்டினால், நாள்தோறும் அது வளர்ந்து வருவதைப் பார்த்து ஒரு சில நாள்களில் குழந்தை செடியைக்கூடப் பிடுங்கி ஏதாவது புதிய வேர்கள் வளர்ந்துள்ளனவா என்று ஆராய முயல் வதைக் காணலாம். ஆகவே, இயற்கையிலேயே பிள்ளைகளுக்கு அறிவியலில் ஆர்வம் நிறைய உண்டு. இவ்வார்வத்தை வளர்க்க வேண்டியது ஆசிரியரின் கடமை ஆகும். மற்றப் பாட ஆசிரியர் களைவிட அறிவியல் கற்பிக்கும் ஆசிரியருக்கு மாணவரது ஆர்வத் தைத் தூண்டுவது எளிது. அறிவியலில் பயன்படுத்தப்படுகின்ற நிறமாலைகாட்டி, தொலைநோக்கி, கூட்டுமைக்ராஸ்கோப் போன்ற எண்ணற்ற கருவிகள் இயற்கையாகவே மாணவரை ஆர்வத்தைத் தூண்டி அறிவியலில் கவர்ச்சியை ஏற்படுத்துவன. இக் கருவிகள் பலவற்றைக் கையாளும்போதும், சோதனைகளைத் தாமே அமைத்து முடிவுகளைக் காணும்போதும் இவ்வார்வம் மேலும் தூண்டப் பெறுகின்றது.

பாடங்களைக் கற்பிக்கும்போது கவர்ச்சியை ஏற்படுத்தும் வண்ணம் ஒவ்வொரு பாடத்தையும் ஒரு பிரச்சினையாக்கித் தொடர்தல் வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, மிதத்தலின் விதியைப் பற்றிக் கற்பிக்கும்போது, 'இரும்பு நீரில் அடர்த்தி காரணமாக அமிழ்கிறது. ஆனால், இரும்பினால் செய்த கப்பல் ஏன் நீரில் மிதக்கிறது?' என்று பிரச்சினையாக்கித் தொடங்கலாம். அதே போன்று எரிதல் (Combustion) பாடம் நடத்தும்போது, 'இரும்பு சாதாரண நிலையில் துருப்பிடிக்கிறது. இந் நிகழ்ச்சியின் விளைவு என்ன? துருப்பிடிப்பதைச் சுலபமாக எப்படித் தடுப்பது?' என்று தொடங்கினால், அதைப்பற்றி ஆராய மாணவர் ஆர்வம் காட்டுவர்.

அதே போன்று அன்றாட வாழ்க்கையில் பயன்படுத்தப்படும் அறிவியல் தத்துவங்களைக் காட்டிக் கற்பித்தால், அறிவியல் பாடத்தில் மேலும் ஆர்வம் தூண்டப் பெறுவர். எடுத்துக்காட் டாக, 'மின் விளக்கு எரிவதால் எவ்வளவு சக்தி செலவிடப்படு கிறது? எவ்வளவு பணம் மின்வாரியத்திற்குக் கட்ட வேண்டும்?' என்று போடும் கணக்குகளும், 'வீட்டில் மின்இணைப்பு துண்டிக்கப் படுவதை (Fuse) எவ்வாறு சரி செய்வது?' என்ற தலைப்புகளும் மாணவரது ஆர்வத்தைத் தூண்டுவன. மேலும், பிற்காலத்தில் மருத்துவம், பொறி இயல் போன்ற பல தொழில்களில் ஈடுபட அடிப்படை அறிவியல் அறிவு தேவையாகின்றது என்று அறியும் போதும் அறிவியலில் கவர்ச்சி ஏற்படுகின்றது. அதே போன்று

அறிவியல் துறைத் தொடர்பான சில பொழுதுபோக்குச் செயல்களில் (Hobbies) வாழ்நாள் முழுவதும் ஈடுபட வாய்ப்புண்டு என்று அறியும்போதும் ஆர்வம் தூண்டப்படுகின்றது.

பயிற்சி வினாக்கள்

1. உயர்நிலைப் பள்ளிகளில் அறிவியல் கற்பிப்பதன் முக்கியமான நோக்கங்கள் யாவை? இந் நோக்கங்களை அடைய அறிவியல் கற்பித்தலை எவ்வாறு அமைக்கலாம் என்பதைச் சுருக்கமாகத் தெரிவிக்க.

2. அறிவியல் கற்பிக்கும் நோக்கங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு உயர்நிலைப் பள்ளிகளுக்கான தமிழ்நாட்டுப் பாடத் திட்டம் எவ்வாறு அமைந்துள்ளது என்பதனைத் தக்க எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்குக.

3. அறிவியல் கற்பித்தலில் மனப்பான்மைகள், பாராட்டு உணர்ச்சிகள், புதிர் தீர்த்தல் ஆகியவற்றின் பங்கு என்ன? அறிவியல் மனப்பான்மையையும், பாராட்டு உணர்ச்சியையும், புதிர் தீர்க்கும் திறமையையும் மாணவரிடையே வளர்க்க எவ்விதம் துணை செய்யலாம்?

4. பெரும்பாலான அறிவியல் ஆசிரியர்கள் செய்திகள் கற்பித்தலையே முக்கிய நோக்கமாகக் கருதுகின்றனர். இது குறித்து உமது கருத்து என்ன?

5. அறிவியல் கற்பித்தலில் மாணவரது ஆர்வத்தை எவ் வழிகளில் தூண்டலாம் என்பதை எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்குக.

3. அறிவியல் முறை

அறிவியல் முறையின் சிறப்பியல்புகள்

அறிவியல் அறிஞர்கள் அறிவியல் உண்மைகளை ஆராய்ந்தறியப் பயன்படுத்திய முறையே அறிவியல் முறையாகும். அறிவியல் அறிவு என்பது சில விதிகளுக்கும், கொள்கைகளுக்கும் கட்டுப்பட்டு நிகழ்கிற தொடர்புடைய உண்மைகளைக் கொண்டது என்று முன்னர்க் கண்டோம். அறிவியல் அறிவைப் பெறுவதில் இரண்டு செய்திகள் தெளிவாகின்றன. ஒன்று உண்மைகளைச் சேகரிப்பது; மற்றொன்று விதிகளையும், கொள்கைகளையும் அமைப்பது. ஆகவே, அறிவியல் முறை இரண்டு சிறப்புகளைக் கொண்டதாக எண்ணலாம்.

(1) அனுபவ பூர்வமானது (Empiricism): அறிவியல் அறிஞர்களோ அல்லது நம்பகத் தன்மை வாய்ந்த முறைகளைப் பயன்படுத்துபவர்களோ பெறுகின்ற அனுபவத்தின் அடிப்படையில் கண்ட உண்மைகளே ஒத்துக்கொள்ளப்படுகின்றன. எவர் கண்டாலும் இவ்வுண்மைகள் ஒருபோதும் மாறுவதில்லை.

(2) பகுத்தறிவுத்தன்மை (Rationalism): அறிவியலில் கண்ட உண்மைகளை முறைப்படுத்தி, தர்க்கரீதியாக விதிகளையும் கொள்கைகளையும் அமைக்கப்படுதலாகும். ஆகவே, அறிவியல் முறையில் அடிக்கடி 'இது என்ன?' 'அது ஏன் அவ்வாறு செயல்படுகின்றது?' 'இது எவ்வாறு நிகழ்கிறது?' என 'என்ன, ஏன், எவ்வாறு' என்ற வினாக்கள்மூலம் உண்மை ஆராயப்படுகின்றது. அறிவியல் முறையில் ஆய்வுச் சிந்தனை (Reflective thinking) சிறப்பான இடத்தைப் பெறுகிறது. இதில் பெறும் முடிவுகள் முற்றிலும் புறவயத்தன்மை (Objectivity) வாய்ந்தவை; தவறு நேர்ந்தவிடத்துத் தாமே திருத்திக்கொள்ளும் பண்பு (Self-Correctiveness) உடையவை.

அறிவியலல்லாத முறைகள்

அறிவியலல்லாத முறையைப் பின்பற்றி அறியப்பட்ட செய்திகள் அனுபவ உண்மைகளாக மாட்டா; தர்க்க ரீதியான வையும் அல்ல. கீழ்க்காணும் மூன்று முறைகளை இதற்கு எடுத்துக் காட்டுகளாக விளக்கலாம்:

(1) பிடிவாதப் போக்கு: பழக்கத்தின் காரணமாகவோ அல்லது வழக்கத்தின் அடிப்படையிலோ தான் கொண்டுள்ள நம்பிக்கை தவறு என்று அறிந்தும் பிடிவாதமாக மாற்றிக் கொள்ள மறுத்தல் ஆகும்.

(2) அதிகாரத்திற்குக் கட்டுப்படுதல்: சீடன், தன் குரு சொல்வது அனைத்தையும் சரியானது என நம்பி அதன்படி நடத்தல் ஆகும். இன்று குழப்பமடைந்துள்ள உலகில் எவரும் ஏதாவது ஒரு நிலையில் நிபுணரின் வார்த்தைக்குக் கட்டுப்படு வதைக் காணலாம். அறிவுப் பெருக்கம் ஏற்படும் இந் நாளில் எல்லோரும் எல்லாத் துறை பற்றிய செய்திகளையும் அறிந்து வைத் திருத்தல் என்பது இயலாது. எனவே, அந்தந்தத் துறையில் நிபுணராக உள்ளவரை நம்புகிறோம், முடிவு, அவர் வாக்கே மெய்யான வாக்காகிறது.

(3) உள்ளுணர்வு (Intuition): சிலர் ஐம்புலன்களுக்கும் அப்பாற்பட்ட நிலையிலிருந்து புத்தர் ஞானோதயம் பெற்றதுபோல் உள்ளுணர்வின்மீது நம்பிக்கை வைக்கின்றனர். இம் முறையில் உற்றுநோக்கி அறிவதோ அல்லது ஆய்ந்தறிவதோ ஏதும் இல்லை. உண்மையில் இவற்றிற்கு அப்பாற்பட்டது உள்ளுணர்வு.

ஆனால், மேலே சொல்லிய அறிவியலல்லாத முறைகள் அறிவியல் முறைக்கு எவ்விதத்திலும் மாற்றுமுறை அல்ல. உண்மையான அறிவு என்றால் அனைவரும் ஒத்துக்கொள்ளக் கூடிய அறிவாக அமைதல் வேண்டும். மேற்கண்ட மூன்று முறைகளிலும் எந்த ஒரு கருத்திலும் வெவ்வேறு எண்ணங்களை யும் நம்பிக்கைகளையும் கொண்டவர்களையும், சில நேரங்களில் முற்றிலும் மாறான கருத்து கொண்டவர்களையும் காணலாம். ஆகவே, அறிவியல் முறையைப் போன்று இக் கருத்துகளை ஆய்வு செய்வதென்பதோ அல்லது சரி பார்ப்பது என்பதோ இயலாது.

அறிவியல் கற்பிப்பதன் தலையாய நோக்கங்களுள் ஒன்று அறிவியல் முறையில் மாணவருக்குப் பயிற்சி கொடுப்பதாகும். அறிவியல் சோதனைகள் செய்வதனாலேயே அறிவியல் முறையில்

பயிற்சி ஏற்பட்டுவிடுவதாகத் தவறான கருத்து ஏற்படுகின்றது. அறிவியல் முறையில் பயிற்சி பெற ஆய்வுச் சிந்தனையையும், பகுத்தறியும் பண்பையும் வளர்க்க வேண்டும். அதே நேரத்தில் சில திறமைகளும், மனப்பான்மைகளும், திறன்களும் வளர்க்கப்படுகின்றன. ஆனால், புத்தகங்களில் உள்ள சோதனைகளைப் படித்துக் காட்டுவதால் இப் பயிற்சி ஏற்படாது. ஆகவே, இம் முறையில் பயிற்சி அளிக்கப் போதிய வாய்ப்புகள் பள்ளிகளில் ஏற்படுத்த வேண்டும்.

அறிவியல் முறை விளக்கம்

அறிவியல் அறிஞர்களுக்கு எவ்வாறு ஆராய்வதற்குப் பிரச்சினைகள் தோன்றுகின்றனவோ அதே போன்று மாணவர்கள் வாழ்க்கையிலும் புதிர்கள் தோன்றுகின்றன. இயற்கையின் நிகழ்ச்சிகள் ஒவ்வொன்றும் மாணவரை வியப்பில் ஆழ்த்துகின்றன; கூடவே சிந்திக்கத் தூண்டுகின்றன. வியப்பும், குழப்பமும், சிக்கலும், தெளிவின்மையும் அறிவியல் புதிர்களை (Problems) ஆராய்வதற்குத் தொடக்க நிலையாகும். புதிரைத் தெளிவாக அறிந்து அறிவிப்பதே அறிவியல் முறையின் முதற்படியாகும். 'தோற்றுவிக்கப்பட்ட பிரச்சினை அர்த்தமுள்ளதா?' எனத் தீர்மானித்து, புதிரைத் தெளிவாகவும் சுருக்கமாகவும் அறிவித்தல் வேண்டும். புதிரைத் தெளிவாகவும் சுருக்கமாகவும் அறிவிப்பதே சிறந்த பயிற்சி ஆகும். முதலில் மாணவர்களை அவர்களுக்குத் தோன்றிய புதிர்களைச் சொல்லச் செய்து, எல்லா மாணவரும் இணைந்து விவாதித்து, சிறந்த புதிர்களைத் தேர்ந்தெடுப்பதிலும், தெளிவாக்குவதிலும் ஈடுபடலாம். 'மின்சாரம் எவ்வாறு தயாரிக்கப்பட்டு, எவ்வாறு அனுப்பப் படுகிறது?' என்ற புதிரில் இரு பிரச்சினைகள் உள்ளன. 'மின்சாரம் எவ்வாறு உற்பத்தி செய்யப்படுகிறது?' என்பதையும், 'மின்சாரம் எவ்வாறு அனுப்பப்படுகிறது?' என்பதையும் தனித்தனியான புதிர்களாக அமைக்க வேண்டும். 'தொலைபேசி எவ்வாறு வேலை செய்கிறது?' என்ற புதிர் தெளிவானது; சுருக்கமானது. எனவே, மாணவர் சொல்லும் புதிர்களைத் தெளிவாக்குதலே முதற்படியாகும். அடுத்து, புதிர்களை விடுவிக்க என்னென்ன முறைகளைக் கையாள வேண்டும் என்பதை அறிதல் வேண்டும். கிடைக்கக்கூடிய பொருள்களையும், நுட்பங்களையும் கொண்டு இப் புதிரைத் தீர்க்க இயலுமா என ஆராய வேண்டும். செய்திகளைத் திரட்ட உதவும் சோதனை, உற்று நோக்கல், நூல்கள், கற்றறிந்தோர் போன்ற பல வகையான மூலங்களை (Sources) அறிந்து முடிவு செய்தல் வேண்டும். அடுத்து, மாணவர்கள் தேர்ந்தெடுத்த அனுபவத்தைப்

பயன்படுத்திச் செய்திகளையும் விவரங்களையும் சேகரிக்கின்றனர்; சோதனைகளில் ஈடுபட்டால் சோதனையின் விவரங்களை அறிந்து குறித்துக்கொள்கின்றனர்; சேகரித்த விவரங்களையும் உற்று நோக்கி அறிந்த சோதனைக் குறிப்புகளையும் வகைப்படுத்தி அட்டவணைப்படுத்துகின்றனர்; அட்டவணைப்படுத்திய செய்திகளைக் கொண்டு ஆய்வுச் சிந்தனையைப் (Reflective thinking) பயன் படுத்தி, விளக்கிக் கூறுகின்றனர். ஒற்றுமை வேற்றுமைகளை அறிந்து, அதனடிப்படையில் விளக்கங்கள் கொடுக்கப்படுகின்றன. பின்னர் விவரித்துக் கூறியவற்றைக் கொண்டு தற்காலிக முடிவுகள் அமைக்கப்படுகின்றன. இவற்றிற்குக் கருதுகோள்கள் (Hypotheses) என்று பெயர். கருதுகோள்கள் எனப்படுபவை அனைத்தும் புதிருக்குரிய விடையாக மாட்டா. அவற்றுள் ஏதேனும் ஒன்று மட்டுமே புதிருக்குரிய விடையாகும். ஆகவே, கருதுகோள்களை அமைப்பதில் கவனம் மிகவும் தேவை. மீண்டும் கருது கோள்களை அடிப்படையாகக்கொண்டு சோதனைகள் அமைத்தும், விவரங்கள் சேகரித்தும், சேகரித்த விவரங்களைப் பகுத்துப் பார்த்தும் கிடைத்த கருதுகோள்களில் சரியான ஒன்றினை மட்டும் தேர்ந்தெடுத்து மற்றவை தள்ளப்படுகின்றன. மீண்டும் சோதனை செய்து தேர்ந்தெடுத்த கருதுகோளை நிர்ணயம் செய்து கொள்கையாக (Theory) அமைக்கப்படுகிறது. இதுவே அறிவியல் முறையில் கடைசிப் படியாக அமைந்தாலும் மேலும் இக் கொள்கையை வேறு புதிய நிகழ்ச்சிகளில் பயன்படுத்த முடியு மானால், இக் கொள்கையே பொது விதியாக (Generalisation) மாறுகின்றது. அன்றாடம் வாழ்க்கையில் காணப்படுகின்ற நிகழ்ச்சி களுக்கு அறிந்த கொள்கை சரியான விளக்கம் கொடுக்க முடியு மானால், இக் கொள்கை பொது விதி என்ற உயர்ந்த நிலையை எட்டுகின்றது.

அறிவியல் முறையின் படிகள்

அறிவியல் முறையின் படிகளின் சுருக்கமும், ஒவ்வொரு படியிலும் மாணவரிடம் வளர்க்க வேண்டிய திறன்களும் கீழே குறிக்கப்பட்டுள்ளன:

1. புதிர்களை உணர்தல்: அறிவியல் அறிவையும், திறன்களையும் பயன்படுத்தக்கூடிய புதிர்களைத் தேர்ந்தெடுத்தல்.

2. புதிர்களைத் தெளிவாக்குதல் : (அ) ஒரே ஒரு கருத்து மட்டும் இருக்குமாறு புதிரை அமைத்தல். (ஆ) புதிரைத் தெளி வாகவும், சுருக்கமாகவும் அறிவித்தல். (இ) புதிரில் உள்ள

முக்கியமான வார்த்தைகளின் பொருளுணர்ந்து புதிரைப் பற்றிய தெளிவான அறிவைப் பெறுதல்.

3. புதிரினை விடுவிக்கத் தேவைப்படும் உண்மைகளையும், சாட்சியங்களையும் சேகரிக்கும் முறையினைத் தேர்ந்தெடுத்தல்: (அ) புதிரை விடுவிப்பதற்கான பொருத்தமான சோதனை முறைகளைப் பயன்படுத்துதல். (ஆ) சோதனையின் விவரங்களைத் திரும்பத் திரும்பச் செய்து அறிதல். (இ) சோதனைக் கருவிகளைக் கையாண்டு சோதனையின் பண்பறியும் குறிப்புகளையும், அளவறியும் குறிப்புகளையும் (Qualitative and Quantitative data) சேகரித்தல். (ஈ) சோதனைக் கருவிகளைக் கையாளும் முறையை அறிந்து பயன்படுத்துதல். (உ) நூலகத்திற்குச் சென்று கலைக்களஞ்சியங்கள் போன்ற தகவல் நூல்களைப் படித்துச் செய்திகளைச் சேகரித்தல்.

4. சேகரித்த தகவல்களைக் கொண்டு தற்காலிகமாக விளக்கம் கொடுத்தல் அல்லது கருதுகோள்களை அமைத்தல்.

5. அமைத்த கருதுகோள்களில் சிறந்த ஒன்றைத் தேர்ந்தெடுத்தல்: (அ) தகவல்களைப் பாகுபாடு செய்து, விளக்கம் பெறுதல். (ஆ) தகவல்கள் புதிருக்கு எவ்வாறு தொடர்புடையவை என்று அறிதல்.

6. தேர்ந்தெடுத்த கருதுகோளைச் சோதனை முறையில் சோதித்து அறிதல்: (அ) அமைத்த கருதுகோளை அத் துறையில் சிறப்புற்ற அறிஞர்களுடன் விவாதித்துச் சரி பார்த்தல். (ஆ) சோதனைகள் அமைத்து, கருதுகோளை மீண்டும் சரி பார்த்தல். (இ) விளக்கம் கொடுப்பதில் தவறு ஏதேனும் உள்ளதா என்று மறுபடியும் சரி பார்த்தல். (ஈ) புதிரை விடுவிக்கத் தேர்ந்தெடுத்த கருதுகோள் போதுமானதா என்று அறிதல்.

7. முடிவுகளை அறிதல் : இது போன்று வேறு பிரச்சினைகளுக்கும் இம் முடிவு பொருத்தமாக அமையுமா என அறிந்து, பொருத்தமாயின், பொது விதியை அமைத்தல்.

அறிவியல் முறையில் பயிற்சி :

கற்றல் அனுபவங்களில் இப் படிகள் அனைத்தும் இடம் பெற வேண்டும். எனினும், சில எளிய புதிர்களைத் தீர்ப்பதில் புதிர்களை உணர்ந்து வெளியிடுவது முதல் பொது விதி அமைத்தல் வரை உள்ள பல படிகளையும் ஒரே பாட வேளையில் பயன்படுத்தலாம்.

சில கடினமான புதிர்களை விடுவிப்பதில் ஒரு நாளில் புதிர்களைப் பாகுபடுத்தித் தெளிவாக அறிவதிலும், மற்றொரு நாளில் புதிரை விடுவிப்பதற்குப் பயன்படுத்தக்கூடிய வழிமுறைகளை ஆராய்வதிலும், சோதனைகளைத் திரட்டுவதிலும், விளக்கம் பெறுவதிலும், வேறொரு நாளில் கருதுகோள்களை அமைப்பதிலு மாகத் திறன்களை வளர்க்கலாம்.

எடுத்துக்காட்டாக, 'வெப்பத்தால் திடப்பொருள் என்ன மாற்றமடைகிறது?' என்ற புதிரை எடுத்துக்கொள்ளலாம். இப் புதிரைப் பற்றி முதலில் விவாதித்துத் தெளிவு படுத்த வேண்டும். வெப்பத்தால் பொருள் இரசாயன மாற்றம் அடையலாம்; அல்லது பொருளின் வெப்பநிலை மாறலாம்; அல்லது பொருள் கன அளவில் மாற்றம் அடையலாம். ஆகவே, இப் புதிரைக் குறிப்பிட்ட முறையில் தெளிவுபடுத்த வேண்டும். 'திடப்பொருள் வெப்பத்தால் கன அளவில் என்ன மாற்றம் அடைகிறது?' என்பதை மட்டும் சோதித்து அறிவதாகப் புதிரை உறுதிப் படுத்தலாம். பின் பல வகையான திடப்பொருள்களைச் சேகரித்து வெப்பப்படுத்திப் பார்க்கலாம். அவை முதலில் இருந்த கன அளவுக்கும், வெப்பப்படுத்திய பின் அடையும் கன அளவுக்கும் உள்ள மாறுபாட்டை அளந்தறிதல் வேண்டும். சில பொருள்களில் ஏற்படும் நீளமாற்றத்தைக் கன அளவு மாற்றத்துடன் தொடர்பு கொண்டதாக அறியலாம். அறிந்த செய்திகளிலிருந்து பொது வாக வெப்பத்தினுல் காணப்பட்ட திடப்பொருள்கள் அனைத்தும் கன அளவிலோ அல்லது நீளத்திலோ பெருக்கம் அடைவதைக் கண்டு, 'திடப் பொருள்கள் வெப்பத்தால் பெருக்கம் அடைகின்றன' எனத் தற்காலிக முடிவை, கருதுகோளை அமைக்கலாம். பின் வேறு சில திடப்பொருள்களையும் வெப்பப்படுத்தி அடையும் மாற்றத்தைக் கண்டு கருதுகோளை உறுதிப்படுத்தி, கொள்கையாக அமைக்கலாம். இக் கொள்கை திரவங்களுக்கும், வாயுப்பொருள் களுக்கும் பொருத்தம் உடையதாவெனச் சோதித்து அறிந்து, பொருத்தமாயிருப்பதை உணர்ந்து 'பொருள்கள் அனைத்தும் வெப்பத்தால் விரிவடைகின்றன' என்ற பொது விதியை அமைக்க லாம். இவ் விதியைப் பயன்படுத்தி எவ்வாறு வெப்பமானிகளில் ஆல்கஹாலையும், பாதரசத்தையும், வாயுக்களையும் பயன்படுத்து கின்றனர் என்பதை அறியலாம். இவ் விதியைப்பற்றிக் கற்பிக்கும் போதே நீரைப் பொறுத்த வரையில் இவ் விதிக்கு ஒரு விலக்கு (Exception) இருப்பதையும் சுட்டிக் காட்டலாம். குளிர் நாடுகளில் நீரின் மேல்மட்டம் உறைந்து போவதையும் அடிமட்டத்திலுள்ள நீர் உறையாமல் மீன்களும், மற்ற நீர்வாழ் உயிரினங்களும் இருப்பதைக் காட்டி 0° Cயிலிருந்து 4° C வரை வெப்பப்

படுத்தும்போது நீரின் விபரீதப் பெருக்கத்தை (Anamalous Expansion of Water) அறியுமாறு செய்யலாம்.

'கெட்டிலின் அடிப்பாகம் கறுப்பாக ஆக்கப்பட்டுள்ளது' என்ற கருத்தை எழுப்பி, 'கறுப்புப் பொருளுக்கும் வெப்ப ஏற்புத் திறனுக்கும் ஏதேனும் தொடர்பு உண்டா?' என்று அறிவியல் முறையில் ஆராயலாம். அதே போன்று 'மலைநாடுகளில் உணவுப் பொருள்கள் நன்ருக வேகா. ஆகவே, அழுத்த சமைப்பானைப் (Pressure cooker) பயன்படுத்துகின்றனர்' என்ற கருத்தை வைத்து 'நீரின் கொதிநிலைக்கும், காற்றின் அழுத்தத்திற்கும் தொடர்புண்டா?' என அறியலாம். 'வெற்று நிலையில் விடப் பட்ட இரும்பு துருப்பிடிக்கிறது. துரு என்பது இரும்பு ஆக்ஸைடு. ஆகவே, துருப் பிடித்தலுக்கும் வெளிக்காற்றுக்கும் ஏதேனும் தொடர்பு உண்டா?' என ஆராயப்படலாம். இவை போன்று மாணவராகவே எழுப்பிய புதிராகவும் அமையலாம். இவற்றை மேற்கண்ட அறிவியல் முறையின் பல்வேறு படிகளைப் பயன்படுத்தி முடிவு காணுதல் வேண்டும்.

பாகுபாடும் (Analysis) தொகுத்தலும் (Synthesis)

பாகுபாடு என்பது, ஒரு பொருளின் பகுதிகளைப் பிரித்துக் காண்பதாகும். இயற்கையில் காணும் நிகழ்ச்சிகள் ஒவ்வொன்றும் சிக்கல் நிறைந்தவை. ஆகவே, அறிவியல் அவை ஒவ்வொன்றையும் பற்றி விளக்கமாக அறிந்துகொள்ளப் பகுத்துக் காண்கிறது. தொகுத்தல் என்பது பாகுபாட்டிற்கு நேர்மாருகும். பல செய்தி களைத் தொகுத்து, ஒவ்வொன்றுக்குமுள்ள தொடர்பினை அறிய ஒரு பொது விதி காணுதல் தொகுத்தல் ஆகும். அறிவியல் முறையின் படிகளை அறிந்தோமானல், இவ்விரு முறைகளும் பின்பற்றப்பட்டு இருப்பதை அறியலாம். நீர், ஆக்ஸிஜனும் ஹைடிரஜனும் குறிப்பிட்ட விகிதத்தில் ஆக்கப்பட்ட பொருள் என்று சொல்லும் போது, நீரைப் பாகுபாடு செய்வது மட்டுமல்ல; ஹைடிரஜனும் ஆக்ஸிஜனும் குறிப்பிட்ட விகிதத்தில் இணைந்து நீராக மாறு கின்றது என்பதனைத் தொகுத்து அறிந்துகொள்ளவே துணை செய் கிறது. ஆகவே, அறிவியல் முறையிலும் பாகுபாடு செய்வதையும் தொகுத்தறிதலையும் காணலாம்.

தொகுத்தறிதலும் (Induction) பகுத்தறிதலும் (Deduction)

ஆங்கில எழுத்தாளர் கானன் டொயல் (Conan Doyle) படைத்த புகழ்பெற்ற துப்பறியும் நிபுணர் ஷெர்லாக் ஹோம்ஸ் (Sherlock Holmes) சிக்கல் பல நிறைந்த வழக்குகளை விளக்கிப் புதிர்களைத் தீர்க்கப் பயன்படுத்தும் முறை அறிவியல் முறையின்

பகுதியான பகுத்தறி.முறையே (Scientific Deduction) என்பதைத் தம் நண்பர் டாக்டர் வாட்சனிடம் (Dr. Watson) விளக்குகிருர். தொகுத்தறிமுறை என்பது உற்றுநோக்கி அறிந்த உண்மைகளைக் கொண்டு பொதுவிதி அமைத்தல் ஆகும். இதற்கு நேர்மாருக, சில அடிப்படை விதிகளைக்கொண்டு தர்க்கரீதியாகக் காணும் நிகழ்ச்சிகளை விளக்க முற்படுவது, பகுத்தறி முறையாகும்.

நீர்த்த கந்தக அமிலத்துடன் மக்னீசியத்தைச், சேர்த்தால்
(அமிலம்) (உலோகம்)
ஹைடிரஜன் வெளியேறுகிறது.

நீர்த்த ஹைடிரோகுளோரிக் அமிலத்துடன் துத்தநாகத்
(அமிலம்) (உலோகம்)
தைச் சேர்த்தால் ஹைடிரஜன் வெளியேறுகிறது.

நீர்த்த நைட்ரிக் அமிலத்துடன் ஈயத்தைச் சேர்த்தால்'
(அமிலம்) (உலோகம்)
ஹைடிரஜன் வெளியேறுகிறது.

ஆகவே, எந்த நீர்த்த அமிலத்துடனும் ஓர் உலோகத்தைச் சேர்க்கும்போது ஹைடிரஜன் வாயு வெளித் தள்ளப்படுகிறது.

இது தொகுத்தறி முறையாகும்.

'உலோகங்கள் அனைத்தும் சிறந்த வெப்பக் கடத்திகள் ஆகும்' என்பது பொது விதி.

பாதரசம் ஓர் உலோகம்.

தாமிரம் ஓர் உலோகம்.

ஆகவே, இவை உலோகமாக இருப்பதால், சிறந்த வெப்பக் கடத்திகள். இது பகுத்தறிவு முறையாகும்.

பகுத்தறிமுறையும், தொகுத்தறிமுறையும் ஒன்றுக்கொன்று தொடர்பில்லாத முறைகள் என எண்ணுதல் தவருகும். அறிவியலில் பெரும்பாலும் இரண்டு முறைகளையும் ஒன்ருக இணைத்தே பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அறிவியல் முறையின் முதல் கட்டமாகிய கருதுகோள்களை அமைப்பது வரை, தொகுத்தறி முறையையும் கருதுகோள்களைச் சரி பார்த்துப் பொது விதி அமைக்கும் வரை பகுத்தறிமுறையாகவும் அமைவதைக் காணலாம்.

'மில்'லின் சோதனை ஆய்வு முறைகள்

'நிகழ்ச்சிகளின் இயல்பான தொடர்புகளை அறிவதே தொகுத்தறிதலின் அடிப்படை' என மில் (J. S. Mill) என்பாரது கூற்று. இயல்பான தொடர்பைக்கொண்டே நம்பிக்கையுடன் ஒரு முடிவுக்கு வரலாமென்பது அவரது கருத்து. இவ்வித இயல்பான தொடர்புகளை ஆராய்ந்தறிவதற்கு அறிவியல் முறையில் வழிகள் உண்டு என ஐந்து முறைகளை அமைத்துள்ளார். இவற்றிற்குச் சோதனைமுறை ஆய்வு (Methods of Experimental Enquiry) என்று பெயர்.

1. ஒற்றுமை முறை (Method of Agreement) : ஆராயப்படுகின்ற இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட நிகழ்ச்சிகளில் ஏதேனும் ஒரு காரணி எல்லாவற்றிற்கும் பொதுவாக அமையுமானால், அக் காரணியே எல்லா நிகழ்ச்சிகளுக்கும் வினையாகவோ அல்லது விளைவாகவோ அமையும்.

2. வேற்றுமை முறை (Method of Difference) : இந் நிகழ்ச்சிகள் எல்லா வகையிலும் ஒன்றாக அமைந்து ஆராயப்படுகிற ஒன்றில் ஒரு காரணி மட்டும் மற்ற நிகழ்ச்சியிலிருந்து மாறியிருந்தால், மாறிய காரணியே ஆராயப்படும் நிகழ்ச்சிக்கு வினையாகவோ அல்லது விளைவாகவோ அமைகிறது.

3. ஒற்றுமை வேற்றுமை இணை முறை (Joint Method of Agreement and Difference) : இரண்டு அல்லது மேற்பட்ட நிகழ்ச்சிகளில் ஒரு பொதுவான காரணி அமைந்தும் அதே நேரத்தில் வேறு இரண்டு அல்லது மூன்று நிகழ்ச்சிகளில் பொதுவான முதலில் கண்ட காரணி இல்லாமல் ஒவ்வொன்றிலும் வேறுபட்டு இருக்குமானால், எந் நிகழ்ச்சிகளில் பொதுவான காரணி அமைந்ததோ, அக் காரணியே நிகழ்ச்சிக்கு வினையாகவோ அல்லது விளைவாகவோ அமையலாம்.

4. உடனிகழ் மாறுபாட்டு முறை (Method of Concomitant Variation) : ஏதேனும் ஒரு நிகழ்ச்சி எந்த விதத்திலாவது மாறுபடும் போது அதனுடன் தொடர்பு கொண்ட மற்றொரு நிகழ்ச்சியும் குறிப்பிட்ட விகிதத்தில் மாறுபடுமானால், மற்றொரு நிகழ்ச்சியே முன்னதற்கு வினையாகவோ அல்லது விளைவாகவோ ஆகும்.

5. எச்ச முறை (Method of Residues) : முன்பு தொகுத்தறி முறைப்படி அறிந்த காரணிகளையெல்லாம் நீக்கி மீதமுள்ள

காரணியே நிகழ்ச்சிக்குரிய காரணமாக அமையும். மில்லின் கருத்துப்படி மேலே கண்ட முறைகளே புதிருக்குரிய சரியான விதியை அமைக்க உதவுவன என்பதாகும்.

அறிவியல் மனப்பான்மை

அறிவியல் மனப்பான்மை என்பது என்ன? திறந்த மனப்போக்கு, சரியான அறிவைத் தேடும் பண்பு, அறிவைத் தேடும் முயற்சியில் நம்பிக்கை, புதிருக்குரிய விடையைத் தன்மனவயப்படாது சோதனையின் அடிப்படையில் நிறுவப்படுவது போன்ற போக்குகள் அறிவியல் மனப்பான்மையைச் சார்ந்தவை ஆகும்.

அறிவியல் மனப்பான்மையை மாணவரிடையே வளர்ப்பது ஆசிரியரது தலையாய கடமையாகும். இம் முயற்சியில் ஆசிரியரே மாணவருக்கு முன் மாதிரியாக விளங்க வேண்டும். பாடத்திட்டத்தை அமைப்பதிலும், சோதனைகளில் மாணவரை ஈடுபடுத்தும் போதும், பாடங்களை வகுப்பில் கற்பிக்கும்போதும் அறிவியல் மனப்பான்மையை வளர்க்க வாய்ப்புகள் ஏற்படுகின்றன. மாணவர்கள் ஒரே நூலை மட்டும் படிக்காமல் பல நூல்களையும் படிக்கும்போது பரந்த மனப்பான்மையைப் பெறுகின்றனர். பாடத்திட்டத்தில் மாணவர் ஆய்ந்து அறியக்கூடிய புதிர்களை ஆசிரியர் அறிந்து கூறுதல் வேண்டும். எக் கருத்தையும் திறனாய்வு செய்து சரியான கருத்தாகுமா, சோதனையின்மூலம் நிரூபிக்கப்பட்டது உண்மையா என்று அறிதல் வேண்டும். சோதனைகளில் ஈடுபடும் போது திறந்த மனத்துடன் அவசரப்பட்டு முடிவுக்கு வராமல், போதிய செய்திகள் திரட்டி அவற்றின் அடிப்படையில் உண்மையை அறியுமாறு செய்தல் வேண்டும். சோதனையின் முடிவுகள் என்ன என்பதை முன்னரே அறிந்து, அவற்றிற்கேற்பச் சோதனையில் கண்ட தகவல்களை மாற்றி அமைப்பதையும், மற்றவரைப் பார்த்துப் பார்த்து எழுதிக்கொள்வதையும் முற்றிலும் தவிர்க்கும்படி மாணவருக்கு அறிவுறுத்தல் வேண்டும். மேலும் அன்றாட வாழ்க்கையில் பின்பற்றப்படும் மூட நம்பிக்கைகளைப் பகுத்து ஆராய்ந்து அக் கூற்றுகளில் உண்மையுண்டா என ஆராயலாம்.

பயிற்சி வினாக்கள்

1. அறிவியல் முறை என்றால் என்ன? அம் முறையின் சிறப்பியல்புகள் யாவை?

2. பிரச்சினைகளை அறிவியல் முறையில் தீர்ப்பதில் உள்ள பல்வேறு படிகள் யாவை? எடுத்துக்காட்டுடன் விளக்குக.

3. அறிவியல் கருதுகோள் எவ்வாறு உருவாக்கப்படுகின்றது? எவ்வாறு அது பொதுத் தத்துவமாக அமைக்கப்படுகிறது?

4. கருதுகோளைத் தீர்மானிப்பதிலும், அதைச் சரிபார்த்தலிலும் தொகுத்தறிதலும், பகுத்தறிதலும், ஆய்வுச் சிந்தனையும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இச் செயல்முறையில் உள்ள பல்வேறு படிகளையும் கொண்டு இக் கூற்றை விளக்குக.

5. அறிவியல் மனப்பான்மை என்றால் என்ன? மாணவர்களிடையே அறிவியல் மனப்பான்மைகளை வளர்க்க ஆசிரியர் என்ன முறைகளைக் கையாளுதல் வேண்டும்?

4. அறிவியல் கற்பிக்கும் முறைகள்-1

கல்வி கற்பிப்பதன் தலையாய நோக்கம், மாணவரிடையே சமூகத்தில் ஒத்துக்கொள்ளப்பட்ட வகையில் நடத்தை மாறுதல்களை ஏற்படுத்துவதேயாகும். இதை நிறைவேற்றுவதற்குப் பல முறைகளை ஆசிரியர் கையாளலாம். வெளி உலகில் காணும் செய்திகள் பலவற்றை அறிந்து, அவற்றைச் சரியாகப் புரிந்துகொண்டு அதற்கேற்பத் தம்மைப் பொருத்தப்பாடு செய்து கொள்வதற்கு, வழி வகைகள் அமைப்பதே கற்பிக்கும் முறை எனப்படும். சாதாரணமாக ஆசிரியர்கள் அனைவரும் இயற்கையிலேயே பிறப்பவர்கள், உண்டாக்கப்படுபவர்கள் அல்ல என்ற ஒரு கூற்று இருப்பதாயினும், இன்று கல்வி பரவலாக்கப்பட்ட பிறகு ஆசிரியர்களைத் தயாரிக்கவும் வேண்டியுள்ளது. ஆகவே, இன்று பயிற்சி பெறும் ஆசிரியர்களுக்கு எந்தெந்த முறைகளில் அறிவியலைக் கற்பிக்கலாம் என்று அறிமுகப்படுத்துவதே இவ்வத்தியாயத்தின் நோக்கமாகும். எந்த ஒரு முறையும் எல்லா நேரத்திற்கும், எல்லாப் பாடங்களுக்கும், எல்லா மாணவர்களுக்கும் சிறப்பாக அமையும் என்று சொல்ல முடியாது. ஒரு பாடத்தைக் கற்பிக்கும் ஆசிரியர் குறிப்பிட்ட ஒரு முறையைப் பின்பற்றி வெற்றிகரமாக முடித்திருக்கலாம். ஆனால், வேறு ஓர் ஆசிரியர் அதே முறையைப் பின்பற்றி, அதே பாடத்தைக் கற்பித்தாலும் வெற்றி கிட்டும் என்று சொல்ல முடியாது. சில நேரங்களில் எதிர்பார்க்கும் பலனை அளிக்காதது மட்டுமல்லாமல் தோல்விகூட அமையலாம். ஆகவே, இவ்வத்தியாயத்தில் பல்வேறு முறைகளை மட்டும் அறிமுகப்படுத்தி, அம் முறைகளை எவ்விதம் பயன்படுத்த இயலும் என்று கூறப்பட்டுள்ளது. ஆசிரியர்கள் வகுப்பில் பயிலும் மாணவர்களின் நிலையை அறிந்து, வசதிகளுக்கேற்பச் சிறந்த முறையைத் தேர்ந்தெடுத்து அமைத்துக்கொள்வதே சிறந்த செயலாகும்.

கற்பிக்கும் முறைகளைப் பொதுவாக இரு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். ஒன்று, மாணவருக்கு எவ்வித சுதந்தரமும் கொடுக்காமல், அதிகாரத்தை நிலைநிறுத்திக் கற்பிக்கும் முறைகள் என்றும், மற்றொன்று மாணவர்கள் ஒவ்வொருவரையும் ஒரு சிறு செடியைப் போல எண்ணி, அதன் வளர்ச்சிக்குத் தேவையான ஊட்டச் சத்துக்களையும், சுதந்தரத்தையும் வழங்கியும் ஆசிரியர் அச் செடிகளை வளர்க்கும் தோட்டக்காரர் போலவும் அமைந்து, அச் செடிகள் அழகுற வளராதபோது சிறிது கத்தரித்து, வளர்ச்சி குன்றும்போது சிறிது எருவும், தண்ணீரும் அளித்து வளரச் செய்கின்ற முறைகள் ஆகும்.

விரிவுரை முறை (Lecture Method)

இன்று பெரும்பாலும் கல்லூரிகளிலும், சிறிதளவு உயர்நிலைப் பள்ளிகளிலும் இம் முறை பயன்படுத்தப்படுகின்றது. கற்பித்தல்—கற்றலில் (Teaching-learning Process) ஆசிரியருக்கே பெரும் பங்கு உண்டு. மாணவர்கள் மாண்டிசோரி அம்மையார் சொல்லியது போல, வண்ணத்துப்பூச்சிகள் குண்டூசியினால் குத்தப்பட்டுப் பலகையில் (Display Board) வைக்கப்பட்டதுபோல் இடத்தை விட்டு அகலாமல், வாய்ப்பொத்தி அமர்ந்து ஆசிரியரிடமிருந்து மடைதிறந்த வெள்ளம்போல் வருகின்ற அறிவு ஊற்றினில் நனைந்து, செவிமடுத்த வண்ணம் அமைதல் வேண்டும். ஏதேனும் ஐயங்கள் தோன்றியவிடத்து, மாணவர்கள் எழுந்து ஆசிரியரைக் கேள்வி கேட்டால், ஆசிரியரது கருத்தோட்டம் தடைப்பட்டு நின்றுவிடும். ஆதலால், எவரும் இடையில் குறுக்குக் கேள்விகள் கேட்க அனுமதிக்கப்பட மாட்டார். வழக்கமாக ஆசிரியரும் ஓர் உயர்ந்த மேசையில் (Platform) நின்றவண்ணம் செய்திகளைத் தர்க்க ரீதியில் விளக்கிக்கொண்டே இருப்பார். மாணவர்கள் அவர் திருவாய் மலர்ந்தருளிய சொற்களைக் கேட்டு முக்கிய செய்திகளாயின் குறிப்புகள் எடுத்துக்கொள்ளலாம். இவ்வாறு அமைக்கின்ற விரிவுரையும் எழுச்சியூட்டும் வகையில் (Inspirational) அமையலாம். இலக்கியம், வேதாந்தம், நுண்கலை ஆகிய பாடங்களில் கொடுக்கப்படும் விரிவுரை இவ் வகையைச் சார்ந்ததாக அமையும். பெரும்பாலான விரிவுரைகள் செய்திகளை அளிப்பதற்காகவே அமைக்கப்படுகின்றன. டேவிட் லேடன் (David Layton) என்பவர் சொல்லியது போல், செய்திகள் ஆசிரியர் குறிப்புப் புத்தகங்களிலிருந்து மாணவரது குறிப்புப் புத்தகங்களுக்கு மாற்றப்பட்டு, ஆனால், இருவர் மூளையிலும் எவ்வித மாற்றங்களையும் விளைவிக்காமல் இருப்பது ஆச்சரியமான செய்தியாகும். சில நேரங்களில் எழுச்சியூட்டக்கூடிய விரிவுரைகளும் செய்திகளைத் தாங்கி நிற்கலாம்.

இம் முறையில் விளையும் நன்மைகள்

1. போதிய வளர்ச்சி அடையாத மாணவர்களுக்குப் புத்தகங்களைப் படித்துப் புரிந்துகொள்வதைவிட, வாய்மொழி மூலமாகக் கேட்டு அறிவது எளிது.

2. ஏதாவது புதிய பாடப் பொருளைப்பற்றிக் கற்பிக்கத் தொடங்குவதற்கு விரிவுரை முறை சிறந்த பயனளிக்கும்.

3. ஒரு பாடத்திற்கு அதிகமான புத்தகங்கள் இருந்தால், அவ்வளவையும் படித்தறிந்து தெரிந்துகொள்வதோ அல்லது மிகக் குறைந்த அளவு புத்தகங்கள் இருந்தால், அவற்றை மட்டும் படித்துச் சரியான விளக்கம் பெறுவதற்கோ வாய்ப்பில்லாதபோது, விரிவுரை முறை சிறந்த பயனளிக்கும்.

4. ஆசிரியர் விரிவுரை முறையில் தம்முடைய பாடப்பகுதி முழுவதையும்பற்றிப் புத்தகங்களில் எழுதப்பட்டுள்ளதை விட மிகவும் அண்மையில் ஏற்பட்ட நிகழ்ச்சிகளையும் கற்பிக்க இயலும்.

5. அறிவியலில் புரிந்துகொள்வதற்கு மிகக் கடினமாக உள்ள பகுதிகளைப்பற்றி விரிவுரை மூலமாக விளக்கிக் கூற முடியும்.

6. அந்தந்தப் பாடங்களில் கற்றுத் தேர்ந்த ஆசிரியரைக்கொண்டு விரிவுரை முறையில் பாடங்கள் நடத்தப்பட்டால், அவரது எழுச்சி மிக்க பேச்சு மாணவரை அத் துறையில் முழு மனதுடன் ஈடுபடத் துணை செய்யும். அறிவியல் அறிஞர்களின் கண்டுபிடிப்புகளும், அவற்றைக் காண அவர்கள் பட்ட துன்பங்களும், சமாளித்த விதமும் அழகுற வாய்மொழி மூலமாக விளக்கும்போது மாணவரது ஆர்வம் பன்மடங்கு பெருகும்.

7. இம் முறையில் பாடங்களைக் கற்பிப்பது, ஆசிரியரது நேரத்தை மிகுந்த அளவு குறைக்கும். அதிகமான பாடங்களைக் குறைந்த நேரத்தில் கற்பித்து முடிக்கலாம். ஆய்வகம் துணைக்கருவிகள் ஏதும் தேவையில்லை.

குறைகள்

1. இம் முறையில் ஆசிரியர் மட்டுமே பெரும்பங்கு கொண்டு செய்திகளைச் சொல்லிய வண்ணம் இருப்பதால், ஒருவழிக் கற்பித்தலே (One way Communication) நிகழ்கிறது.

மாணவர்கள் கற்று அறிந்தனரா என்று அறியவும், மாணவர்களது ஐயப்பாடுகளை அவ்வப்போது கேட்டுத்தெளிவு பெறச் செய்யவும் (Feedback) வழி ஏற்படுவதில்லை.

2. அறிவியல் என்பது செய்து கற்ற செய்திகளின் தொகுப்பே என்று சொல்லும்போது, இம் முறையில் மாணவர்கள் சோதனைகளைச் செய்து கற்பதற்கு வாய்ப்பே இல்லை.

3. பிரச்சினைகளைத் தீர்ப்பதற்குப் பயன்படுத்தும் பிரச்சினை தீர்க்கும் முறையைப் பின்பற்றவோ அல்லது புதிய கலைச் சொற்கள் கருவிகள் ஆகியவற்றைப்பற்றி விளக்கம் பெறவோ இதில் வாய்ப்பே இல்லை.

4. ஆசிரியரே தலைமையாக நின்று (Domination) விரிவுரையை நிகழ்த்துவதால், மாணவரது உற்றுநோக்கும் திறன், சிந்திக்கும் ஆற்றல், மாணவரது கவர்ச்சித் திறன்கள், மனப் போக்குகள் எவ்வாறு செயல்படுகின்றன என்று அறியச் சிறிதும் வாய்ப்பு இல்லை. பொதுவாகச் சுறுசுறுப்பாக இயங்கும் பள்ளிப் பிள்ளைகளுக்கு இம் முறை ஏற்றதில்லை. அதிக நேரம் நீண்ட சொற்பொழிவைக் கேட்டு கையது கொண்டு வாயது பொத்தி மௌனமாக இருத்தல் (Passive Listening) நடைபெறாத ஒன்று.

5. விரிவுரையைப் பின்பற்றும் வேகம் அதிகமாக இருந்தால் மாணவர்கள் அச்செய்திகளைக் கேட்டு, தொடர்பு ஏற்படுத்திக் கொள்ள இயலாது போகலாம்.

6. விரிவுரை முறையில் குறைகள் பல இருப்பினும், அவற்றை உணர்ந்து, மற்ற கற்பிக்கும் முறைகளுடன் கலந்து பின்பற்றிச் சிறப்பாக்கலாம்.

விரிவுரையைத் தயாரித்தலும் அமைத்தலும்

1. பாடப்பொருளைத் தேர்ந்து கற்றுணர வேண்டும். சரியாகப் புரியாத செய்திகளை விட்டுவிடல் வேண்டும்.

2. கேட்கும் மாணவரது கவர்ச்சியையும், ஆர்வத்தையும் அறிந்து அதற்கேற்பத் தயாரித்தல் வேண்டும்.

3. நன்றாக அமைக்கப்பட்ட விரிவுரைகளுக்கு ஒரு தொடக்கமும், மையப்பகுதியும், இறுதியும் இருக்கும்.

4. பேச வேண்டிய குறிப்புகளை எழுதிக்கொண்டு சொல்லுதல் நன்று. குறிப்புகள் இல்லையாயின், பாடப்பொருளை விட்டு, வேறு பொருளுக்குப் பேச்சு திரும்பிவிடுவதற்கு (Digression) வாய்ப்பு உண்டு.

5. சொல்வது மிக முக்கியமான செய்தியாயின், தயாரித்த குறிப்புகளையே பார்த்துப் படிக்கலாம்.

6. கால அளவைக் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும். எவ்வளவு எழுச்சி மிக்க பேச்சானாலும் மனவளர்ச்சி அடையாத மாணவர்களுக்கு அரைமணி நேரத்திற்குமேல் அமைதியாக உட்கார இயலாது.

7. விரிவுரை முறையைச் சிறப்பாக உதவும் துணைக்கருவிகளான படங்கள், காட்சிப் பொருள்கள், காட்சிக் கேள்விக் கருவிகள் போன்றவற்றைத் தேர்ந்தெடுத்து, மாணவர் தெளிவான அறிவு பெறத் துணை செய்தல் வேண்டும்.

அறிவியல் கற்பித்தலில் இம் முறையைப் பயன்படுத்தக்கூடிய பகுதிகள்

1. சில பாடங்களைத் தொடங்கி அறிமுகப்படுத்தும்போதும் கடினமான பகுதிகளைப்பற்றிக் கற்பிக்கும்போதும் பயன்படுத்தலாம்.

2. கடினமான அறிவியல் கருத்துகளைச் செய்துகாட்ட இயலாத போது, இம் முறையைப் பயன்படுத்தலாம். எடுத்துக் காட்டாக, அணுவின் அமைப்பைப்பற்றிக் கற்பிக்க இம் முறையைச் சிறப்பாகப் பயன்படுத்தலாம்.

3. செய்து காட்டும் சோதனைகளை அமைக்கும்போது, அச் சோதனைக் கருவிகளின் அமைப்பையும், அறிந்த உண்மைகளையும்பற்றித் தொகுத்துக் கூறுவதற்குப் பயன்படுத்தலாம்.

4. பாட இறுதியில் கற்பித்த செய்திகளைத் தொகுத்துக் கூறும் போதும், நினைவு கூரும்போதும் (Recapitulasion) இதனைப் பயன்படுத்தலாம்.

5. பாடப் பகுதியைப்பற்றி அண்மையில் ஏற்பட்ட வளர்ச்சிகளைச் சொல்லும்போதும், மேற்கொண்டு அப் பொருளைப் பற்றி அறியத் துணை செய்யும் பின்னணிச் செய்திகளைச் (Background Information) சொல்லும்போதும், அறிவியல் அறிஞர்களின் வாழ்க்கை வரலாற்றினையும், அவர்கள்

அடைந்த துன்பங்களையும், வெற்றிகளையும்பற்றிக் கற்பிக்கவும் பயன்படுத்தலாம்.

விரிவுரையின் சிறப்பியல்புகள்

1. விரிவுரை நிகழ்த்தும் ஆசிரியரின் ஆளுமைப் (Personality) பண்பு பேச்சில் பதிய வேண்டும். அவருடைய முகச்சாயல் (Facial Expression), சொல்லும் முறை, அவருடைய குரலில் ஏற்றத் தாழ்வு, நடை, உடை, பாவனை, ஆசிரியரது மனப் பான்மை, வெவ்வேறு சந்தர்ப்பங்களில் அவரது மன எழுச்சி, செயல்படும் முறை முதலியன சிறப்பாக அமைதல் வேண்டும்.

2. பேசும்போது கேட்பவர்களின் முகத்தைப் பார்த்து அவர் களது உணர்ச்சிகள் எழுச்சிகள், எவ்வித மாறுபாடு அடை கின்றன என்று அறிதல் வேண்டும்.

3. கேட்கின்ற மாணவர்கள் எப்போதும் திறமை குறைந்த வர்கள், ஒன்றும் அறியாதவர்கள் என்று எண்ணுதல் கூடாது; பேச்சிலும் பிரதிபலித்தல் கூடாது.

4. கேட்பவர்கள் மீது கோபம் ஏற்படக் கூடாது.

5. வகுப்பறையில் அங்கும் இங்கும் அலைந்துகொண்டே பேசுதல் கூடாது.

6. முக்கியமான செய்திகளைத் தவிர மற்ற விரிவுரைகளைப் படித்தல் கூடாது.

7. கூறி முடித்த செய்திகளைத் தொகுத்து இறுதியில் சொல்ல வேண்டும்.

8. பேச்சின் இடையே எப்பொழுதாவது வேடிக்கையாகச் செய் திகளைக் குறிப்பிட்டுப் பேசலாம். பேச்சினைச் சிறப்பாக்கப் பாடத்துடன் தொடர்புடைய சிறு கதைகள் சொல்லலாம்.

9. மிக வேகமாகப் பேசுவதைக் கட்டுப்படுத்தினால், மாணவர்கள் குறிப்பெடுத்துக்கொள்ள இயலும்.

விரிவுரை முறையின் பயனை மதிப்பிடுதல்

விரிவுரை முறையை ஏறத்தாழ 200 மாணவர்களுக்கும் விரிவுரைக்கென்றே அமைக்கப்பட்டுள்ள அறைகளில் (Lecture Halls) நிகழ்த்தலாம். அது போன்ற அதிக மாணவர்களை ஈடுபடுத்

தும்போது, தனிப்பட்ட மாணவனுடைய நிலை மறைந்து போகின்றது. ஆகவே, விரிவுரை முறையைப் பின்பற்றியதால் எதிர்நோக்கிய பயன்கள் விளைந்தனவா என்று ஆராய. விரிவுரை முடிந்தபின் மாணவர்களைச் சிறுசிறு குழுக்களாகப் பிரித்து கருத்தரங்கில் ஈடுபடுத்த வேண்டும். அறிவியல் பாடத்தில் ஆய்வகத்தில் பிரச்சினைகளைத் தீர்க்கப் பயன்படுத்தும் செயல்களில் மாணவர்கள் ஈடுபடுவதைக் கொண்டு ஆராயலாம். அல்லது அவர்களுக்குள்ள சந்தேகங்களை நீக்கும்பொருட்டு, 'கேள்வி நேரம்' ஒன்று அமைத்து, அவர்களை வினவை எழுப்பும்படித் தூண்டலாம். இவற்றிலிருந்து எந்த அளவிற்கு மாணவர்கள் விரிவுரையில் நடத்தப்பட்ட பாடத்தினைக் கற்றுத் தேர்ந்தார்கள் என்பது தெரிய வரும்.

பாடப்புத்தக முறை (Text Book Method)

பாடப்புத்தகங்கள் இன்று மிக அதிகமாக வகுப்பறைகளில் உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றன. பாடப்புத்தகங்கள் இல்லையென்றால் பள்ளியில் ஆசிரியர்கள் கற்பிப்பதும் இல்லை என்ற நிலை உருவாகியிருப்பதையும் காணலாம். ஒரு சில ஆசிரியர்கள் பாடப் புத்தகங்களை வேதப் பாடப்புத்தகங்களாகக் கருதி, அவற்றில் கூறியுள்ள செய்திகளைத் தவிர வேறு எதனையும் கற்பிக்காது, முழுவதும் புத்தகத்தின் அடிமையாக இருக்கின்றனர். பல நேரங்களில் அறிவியல் பாடத்தில் புத்தகத்தை எடுத்து மாணவரை வகுப்பில் வரிசையாகப் படிக்கச் செய்து, பாடங்களை முடித்துவிடும் ஆசிரியர்களையும் காணலாம். இது போன்றே பலரும் செய்வதால், ஆசிரியர்களையே நீக்கிவிட்டு, அவர்களது வேலைகளைப் புத்தகங்கள் நன்றாகச் செய்யும் என்ற நிலைமை ஏற்படத்தான் செய்கிறது. வேறு சிலர் புத்தகங்களை அறவே நீக்கிவிட்டு, தங்களுடைய வாய்மொழியே சிறந்தது என்றெண்ணி, மாணவர் எழுதிக்கொள்ளக் குறிப்புகள் கொடுத்து, அவற்றையே மனப்பாடம் செய்யச் சொல்வதுமுண்டு. எனினும், இரண்டுவித ஆசிரியர்களுமே பாட புத்தகங்களைத் தவறான வழியில் பயன்படுத்துகின்றனர் என்று சொல்லலாம். பாடப்புத்தகங்களை எடுத்துப் படித்து, அதிலுள்ள பகுதிகளை அடிக்கடி மாணவரை ஒப்புவிக்கச் சொல்வதனால்தான், பாடப்புத்தகஒப்புவிக்கும் முறை (Text Book Recitation Method) என்று வழங்கப்படுகின்றது.

பாடப்புத்தகங்களை உபயோகப்படுத்தும் முறை

1. மாணவரின் ஆர்வத்தைத் தூண்டப் பாடப்புத்தகங்களில் ஒவ்வொரு பாடத்திற்கும் முன்னுரையாகக் கொடுக்கப்பட்டுள்ள பகுதிகள் ஆசிரியருக்கு வழிகாட்டியாக அமையும். ஒவ்வொரு

பாடத்தையும் கற்பிக்கும்போது முதலில் மாணவரது ஆர்வத்தைத் தூண்ட வேண்டும். இதற்கு அறிவியல் தத்துவங்கள் வாழ்க்கையில் உபயோகப்படும் விதத்தைக்கூறிப் பாடத்தைத் தொடங்கலாம். இது போன்று முன்னுரையாகச் சொல்லப்படும் கருத்துகள் மாணவருக்குத் தெரிந்தவையாய் இருத்தல் வேண்டும். ஆனால், பாடப்புத்தகங்கள் மாநிலம் முழுவதற்குமாகப் பொதுவாகத் தயாரிப்பதால், அதில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள முன்னுரைகள் ஆர்வம் தூண்டப்படும் வகையில் சூழ்நிலைக்குத் தகுந்தவாறு எழுதியிருப்பது என்பது இல்லாமல் இருக்கலாம். எனினும், ஆசிரியர் இவற்றை ஒரு முன்னோடியாகக் கொண்டு, பிரச்சினைகளை எழுப்பி, விடை காணச் செய்வதற்கும் ஏற்பாடு செய்யச் சொல்லலாம்.

2. சில ஆசிரியர்கள் பாடப்புத்தகத்தில் உள்ள செய்திகளை மனப்பாடம் செய்யும்படி சொல்கிறார்கள்; பாட இறுதியில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களுக்குரிய விடைகளைத் தயாரித்துக் குருட்டுப்பாடமாக மனப்பாடம் செய்யும்படி செய்கிறார்கள். பாடப்புத்தகத்தில் உள்ள செய்தி மிக முக்கியமானது என்று அறிந்தால் தவிர, பாடப்புத்தகத்திலுள்ள விளக்கக் குறிப்புகளைக் குருட்டுப்பாடமாகப் படிக்குமாறு செய்தல் கூடாது.

3. சில சமயங்களில் புத்தகத்தில் உள்ள செய்திகளைப் படித்துக் கொண்டு, அவற்றில் விளக்கப்பட்ட எளிய சோதனைகளைச் செய்து பார்த்துக்கொண்டு, வகுப்பில் மற்ற மாணவர்களுக்குச் செய்து காட்டுமாறு மாணவரை ஈடுபடுத்தலாம். எடுத்துக்காட்டாக, தனி இயந்திரங்கள் என்ற தலைப்பில்,

நெம்புகோல்—மூன்று வகைகள்

கப்பிகள்—நிலைக்கப்பி, நகரும் கப்பி, கப்பித்தொகுதி;

சாய்தளம்—திருகு;

கியர் அமைப்பு போன்று பாடப் பகுதிகளைத் தக்க வகையில் பிரித்துக்கொண்டு, ஒவ்வொரு பகுதியையும் ஒரு குழு மாணவருக்குக் கொடுத்து, புத்தகத்தைப் படித்துக் கொண்டும், சோதனைகளை அமைத்துப் பார்த்துக்கொண்டும் மற்ற மாணவர்களுக்குச் செய்து காட்டி விளக்குமாறு செய்யலாம்.

4. பாடப்புத்தகங்களை அறிவியல் கற்பித்தலில் வகுப்பில் மாணவரைப் படிக்கச் செய்வதை முற்றிலும் தவிர்க்க வேண்டும். எனினும், பாடத்தில் உள்ள பகுதி மாணவர்களுக்கு மிகவும்

முக்கியமான பகுதி என்று மாணவரும் உணர்ந்து, அதைப் படிக்க விரும்பினுல் படிக்கச் செய்யலாம். அப்பொழுதும் பாடப்புத்தகத்திலுள்ள மொழி சுலபமாகப் புரிந்துகொள்ளும் அளவில் இருத்தல் வேண்டும்.

5. பயிற்சி வினுக்களைத் தயாரித்து, படிக்கத் தொடங்குவதற்கு முன்னரே மாணவர்களுக்குக் கொடுத்து, பின் புத்தகத்தைப் படிக்கும்போது அவற்றிற்குரிய விடைகளையும் தயாரித்து, படித்து முடித்த பின்னர்ப் பயிற்சியை முடித்துத் தருமாறு செய்யலாம். இதில் வெற்றி பெற வேண்டுமானுல், பயிற்சி அட்டைகள் (Assignment Sheets) சுருக்கமாகவும், தெளிவாகவும் அமைதல் வேண்டும். இதனுடைய விவரம் பின்னர் ஒப்படைப்பு முறையில் (Assignment Method) காண்க.

6. பாடப்புத்தகங்களிலுள்ள விளக்கப் படங்களும், நிழற்படங்களும் கற்பித்தலில் பயன்படுத்தக்கூடிய சாதனங்கள் ஆகும். படங்கள் தெளிவாக அமையுமானுல், அவற்றைப் பெரிதாக்கித் திரையில் வீழ்த்திக் காட்டிக் கற்பிக்கவோ அல்லது புத்தகத்திலுள்ள படங்களை அவ்வாறே விளக்கியோ கற்பிக்கலாம். பாடத்தை முடித்த பின்னர், புத்தகங்களிலுள்ள படங்களைக் கொண்டு பாடத்தை மறுபரிசீலனை (Review) செய்ய உதவும்.

7. பாடப்புத்தகங்களில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள வரலாற்று நிகழ்ச்சிகளும், அறிவியல் அறிஞர்களின் வாழ்க்கை வரலாறுகளும் ஆசிரியருக்கும், மாணவருக்கும் உதவும் குறிப்புகள் ஆகும்.

8. பாடப்புத்தகம், புதியதாகப் பணியேற்கும் ஆசிரியருக்குப் பாடப்பொருளைப்பற்றி அறிந்துகொண்டு கற்பிக்கச் சிறந்த கருவியாகும். பாடப்புத்தகங்களிலுள்ள செய்திகள் ஓரளவு தகவல்களை அறிவதற்குப் பயன்படுமே தவிர, முற்றிலும் அதையே நம்பி இருக்கக் கூடாது. புத்தகங்களில் பொதுவாகச் செய்திகள் சுருக்கியே கொடுக்கப்பட்டிருக்கும். ஆதலால், வேறு புத்தகங்களையும் படித்துத் தயாரித்துக்கொள்ள வேண்டும்.

9. பாடப்புத்தகங்களின் இறுதியில் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் பயிற்சி வேலைகளும், வினுக்களும் சிறந்து அமையுமாயின், அவற்றையே பின்பற்றி மாணவரைச் செய்து முடிக்குமாறு செய்யலாம்.

10. பொதுவாக ஒரு பாடத்தைக் கற்பித்து முடிக்கும் வரை அதை வகுப்பில் படிப்பதைத் தவிர்க்க வேண்டும். பாடப்புத்தகங்களிலுள்ள படங்கள் தெளிவாக அமையுமாயின்,

அவற்றையும் பாடத்தின் இறுதியில் அமைக்கப்பட்டுள்ள வினுக்களும் மாணவருக்கும் உதவுவன. சோதனைகள் செய்து முடித்த பின்னர், சோதனை செய்த முறையைப்பற்றி ஆய்வகக் குறிப்பேட்டில் விவரித்து எழுதும்போது, அதே குறிப்புகள் மிகவும் தெளிவாகப் புத்தகத்தில் எழுதப் பட்டிருக்குமேயானுல், அந்தப் பக்கத்தை மட்டும் ஆய்வகக் குறிப்பேட்டில் குறித்துக்கொண்டு, மற்ற தகவல்களையும் கணக்குகளையும் செய்யலாம். செய்முறை விளக்கங்கள் எழுத வேண்டிய அவசியமில்லை.

சிறந்த புத்தகத்தின் நல்லியல்புகளையும், அதனை எவ்வாறு தேர்ந்தெடுப்பது என்பது குறித்தும் நூலில் வேருேர் இடத்தில் விளக்கப்பட்டுள்ளன.

விரிவுரை செய்து காட்டல் முறை (Lecture Demonstration Method)

அறிவியல் கற்பிப்பதில் மிகச் சிறந்த ஒரு முறை சோதனை செய்து காட்டும் முறையாகும். இம் முறையில் ஆசிரியர் சில அறிவியல் சோதனைகளைச் செய்து காட்டி, சோதனை நடை பெற்றுக்கொண்டிருக்கும்போது மாணவரது கவனத்தையும், ஆர்வத்தையும் தூண்டும்பொருட்டுச் சில வினுக்கள்மூலமாக விளக்கிச் சோதனையைப்பற்றிய விவரங்களை இடையிடையே சொல்வதனுல், இதனை விரிவுரை செய்து காட்டும் முறை என்று கூறுவர். இம் முறையில் விரிவுரை முறையின் தன்மைகளையும் பயன்படுத்தி நேரிடை அனுபவமான சோதனையையும் பயன் படுத்துவதால், மாணவர்களுக்குத் தெளிந்த அறிவினைப் பெற வாய்ப்பு ஏற்படுகிறது. இம் முறையில் ஆசிரியரே அமைத்துக் காட்டும் சோதனைகளே பெரும்பாலும் வகுப்பறைகளில் இடம் பெறுகின்றன. எனினும், ஒரு சில நேரங்களில் மாணவர்கள் தனியாகவோ அன்றி ஒரு குழுவாகவோ அமைந்து மற்றவர் களுக்குச் செய்து காட்டுவது போன்ற சில சோதனைகளை அமைத்தால், சிறந்த கற்றல் ஏற்பட்டுள்ளது என்பதனைத் தெளிவாக்கும்.

அறிவியல் கற்பிப்பதில் செய்து காட்டும் முறை அதிக அளவில் வகுப்பில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது என்பதைக் கருதி, இது ஒன்றே சிறந்த முறை என்று கொள்வதோ, அன்றி தனியாள் நடத்தும் பரிசோதனை முறையைவிட இது சிறந்த ஒன்று என்று கொள்வதோ கூடாது. இதில் மாணவர்கள் பெறுகின்ற அனுபவம் அவரவர் இருப்பிடத்தில் இருந்து ஆசிரியர் செய்து காட்டுவதை உற்றுநோக்கி அறிவதுடன் நின்று

விடுவதல்லாது, சோதனைக் கருவிகளை நேரிடையாகத் தொட்டு அறிந்து பழகிப் பெறுகின்ற அனுபவமில்லை என்ற உண்மையை மறத்தலாகாது.

பொதுவாகச் செய்து காட்டும் முறையைக் கீழ்க்காணும் முக்கியமான நேரங்களில் பயன்படுத்தலாம் :

(1) ஒரு பிரச்சினையை எழுப்பும்போது : பாடப்பொருளைப்பற்றி எவ்வித முன்னறிவு இல்லாதபோதும், ஒரு சோதனையைச் செய்து, அதனால் ஏற்படும் முடிவுகளிலிருந்து பிரச்சினையை எழுப்பி ஆராயலாம். எடுத்துக்காட்டாக, பொருள்கள் எரிவதற்கு ஆக்ஸிஜன் தேவை என்பதை, ஒரு சிறு சோதனை மூலமாக ஒரு மெழுகுவத்தியை எரியச் செய்து, அதைக் கண்ணாடி டம்ளரால் மூடிய சிறிது நேரத்திற்குப்பின், அது அணைவதைக் காட்டி, அது ஏன் அணைந்தது என்ற வினாவினை எழுப்பிப் பாடத்தைத் தொடங்கலாம்.

(2) ஏதேனும் ஒரு பொருளைப்பற்றிய தத்துவத்தை விளக்கும்போது : அறிவியல் விளக்கத்திற்குப் பெரும்பாலான நேரங்களில் இம் முறையை அதிகமாக உபயோகிக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு மின்சாரமணி எவ்வாறு செயல்படுகிறது அல்லது ஒரு மின்காந்தம் எவ்வாறு காந்த சக்தியை அடைந்து, பின் மின்சாரம் பாய்வதை நிறுத்தியவுடன் காந்தத்தன்மையை இழந்து விடுகின்றது என்பதைக் காட்டலாம்.

(3) பாடக்கருத்துகளைத் தொகுத்துக் கூறுவதற்கு (Review) : ஆசிரியர் ஏதாவது ஒரு சோதனையைச் செய்து காட்டிய பின் அல்லது மாணவர்கள் ஆய்வகத்தில் செய்து முடித்த பின், அதே போன்ற அல்லது சிறிது மாற்றங்களுடன் அமைந்த வேறொரு சோதனையை அமைத்துக் காட்டி விளக்கி, எங்ஙனம் முன்னர் அமைத்த சோதனையுடன் தொடர்புடையது எனக் காட்டலாம். வாய்மொழியால் நினைவு கூர்வதைவிட, இம் முறை சாலச் சிறந்தது.

செய்து காட்டும் சோதனைகளை எவ்வாறு அமைப்பது ?

கற்பிக்க வேண்டிய தலைப்பினைத் தனி ஆள் நடத்தும் சோதனை முறையைவிடச் செய்துகாட்டும் முறையில் கற்பிக்க ஏற்றதா என்பதை முதலில் தெளிவாக்கிக்கொள்ள வேண்டும். பின்னர்ப் பின்வருமாறு திட்டமிடுதல் வேண்டும்

செய்து காட்டும் சோதனைகள் வெற்றிகரமாக அமைய வேண்டுமாயின், சில அடிப்படை வசதிகள் தேவைப்படு கின்றன :

1. செய்து காட்டும் சோதனைகள் அமைப்பதற்கெனத் தனியாக விரிவுரை செய்து காட்டும் அறை (Lecture Demonstration Room) தேவையாகின்றது.

2. அதில் ஓர் உயரமான நீண்ட செய்து காட்டும் மேசையும், அம் மேசையில் ஒரு கழுவுத்தொட்டி அமைப்பும் இருத்தல் வேண்டும்.

3. அம் மேசையில் வைக்கப்படும் பொருள்கள் வகுப்பில் அமைந் துள்ள மாணவர்கள் அனைவரும் எளிதாகப் பார்க்கும் முறையில் வகுப்பின் அமைப்பு காலரி (Gallery) அமைப்புடன் கூடியதாக அமையலாம்.

4. அம் மேசையில் செய்யப்படும் சோதனைகள் நன்கு தெரியும் பொருட்டு, அதற்குமேல் போதிய விளக்கு வசதிகள் அமைய வேண்டும்.

5. மேசைக்குப் பின் பக்கத்தில் சுவற்றில் பெரிய அளவில் நீண்ட கரும்பலகை ஒன்று அமைத்தல் வேண்டும்.

6. சோதனை செய்ய வேண்டிய கருவிகள் பெரிய அளவில் (Demonstration pattern) அமைதல் வேண்டும். சிறிய பொருள்களாக இருப்பின், மைக்ரோஸ்கோப்மூலம் பார்க் கவோ அல்லது மைக்ரோப்ரொஜக்டர்களாகவோ ஏற்பாடு செய்தல் வேண்டும். ஆசிரியர் என்ன செய்கின்றார் என்று அறிய முடியாத அளவில் மிகச் சிறிய கருவிகளாய் இருப்பின் இம் முறையில் எவ்விதப் பயனும் இல்லை.

7. சோதனை செய்யும்போது கருவிகள் தெளிவாகத் தெரியப் பின் அமைப்பு (Background) நன்கு அமைத்தல் வேண்டும்.

8. எவ்வளவு எளிய சோதனையாக இருப்பினும், முன்கூட்டியே செய்து பார்த்து வகுப்பிற்கு எடுத்துச் செல்ல வேண்டும். பல நேரங்களில் மிகவும் எளிய சோதனைகளே தொல்லை தருவன. எல்லாச் சோதனைகளையும் முன்கூட்டியே அமைத்து, சோதனை செய்து பார்த்து வேலை செய்யும் நிலையில் உள்ள வற்றை மட்டுமே வகுப்பிற்கு எடுத்துச் செல்ல வேண்டும். சில நேரங்களில் தயாரிப்பில் பயன்படுத்திய இரசாயனப் பொருள்களையும் கூடவே எடுத்துச் செல்லுதல் வேண்டும்.

9. உடையக்கூடிய கருவிகள் இருக்குமாயின், மேற்கொண்டு அதிகப்படியாக ஒரு கருவி எடுத்துச் செல்லுதல் வேண்டும். எக் காரணத்தைக்கொண்டும் சோதனைக்கருவிகளுக்காக மறுபடியும் சோதனைச்சாலைக்குச் செல்வதோ அல்லது மாண வரைச் சில கருவிகளைக்கொண்டு வருமாறு பணித்தலோ செய்தல் கூடாது.

10. சோதனைக்கு வேண்டிய எல்லாக் கருவிகளையும் முன்கூட்டியே சோதனைசெய்யும்மேசைமேல் பரப்பி வைக்க வேண்டிய தில்லை. அவை மாணவரது மனத்தைக் கவரவும் செய்யும்; சில நேரங்களில் மருளவைத்துக் குழப்பவும் கூடும். கருவிகளை ஒரு பெட்டியில் மறைத்து வைத்துக்கொண்டு தேவைப்படும் போது ஒவ்வொன்றாகக் காட்டினால், மாணவரது ஆர்வத்தைத் தூண்ட வாய்ப்பாக அமையும். கருவிகள் ஒவ்வொன்றையும் மாணவர் முன்னிலையில் இணைத்துச் சோதனையை அமைத்துக் காட்டுவதே சிறந்தது. சில நேரங்களில் அதனால் காலதாமதம் ஏற்படும் என்று கருதினால், கருவிகளை முன்கூட்டியே இணைத்து வைத்து, அப் பொருளைப்பற்றிக் கற்பிக்கும்வரை மறைத்து வைத்துப் பின்னர் பயன்படுத்தலாம். மாணவர் விளக்கம் பெற்றபின் சோதனை எவ்வளவு கடினமான அமைப் பாயினும், எளிதாக அமைந்துவிடுகிறது. கருவிகளைப் பயன் படுத்திய பின்னர், செய்து காட்டும் மேசையிலேயே ஒரு பக்கமாக அமைத்துவிடுவது நல்லது.

11. செய்து காட்டுவதில் சோதனைகளை மட்டுந்தான் அமைத்துக் கற்பித்தல் வேண்டும் என்ற கட்டாயம் இல்லை. சில பாடப் பகுதிகளைக் கற்பிக்கும்போது, அவை தொடர்பான படங்கள், வரைபடங்கள், நழுவங்கள், நிழற்படங்கள் போன்றவற் றையும் சோதனைக்கருவிகளுடன் பயன்படுத்தலாம்.

12. ஒவ்வொரு சோதனையையும் ஆசிரியரேதான் செய்ய வேண்டும் என்ற கட்டாயம் இல்லை. ஓரிரு மாணவர்களுக்கு வேண்டிய பயிற்சியினை நல்கி, அவர்கள் மூலமாகவும் சோதனைகளைச் செய்து முடிக்கலாம்.

சோதனைகளை அமைத்தல்

இம் முறையில் பெரும்பாலும் மாணவர்கள் உற்றுநோக்கி அறியும் நிலையிலேயே இருக்கின்றனர். அவரது கவனத்தை

நிலைநிறுத்தி, உற்றுநோக்கி அறிய கீழ்க்கண்ட குறிப்புகள் கையாளலாம் :

1. சோதனைகளைச் செய்து காட்டும்போது, இடையே கருவிகளின் அமைப்பைப்பற்றியும், ஏற்படும் விளைவுகளைப்பற்றியும் சிறு வினாக்கள் மூலமாக மாணவரது கவனத்தைத்தூண்டி அறியச் செய்யலாம். இவ்வாறு அறிந்த முக்கியமான செய்திகளைத் தொகுத்து அவ்வப்போது கரும்பலகையில் எழுதலாம். எடுத்துக்காட்டாக, சில வாயுக்களின் தன்மைகளை ஆராயும் போது, சோதனைகளை ஒவ்வொன்ருகச் செய்துகொண்டே ஏற்படுகின்ற விளைவுகளை மாணவரை நன்கு கவனிக்கச் சொல்லி, சில குறிப்புணர்த்தும் வினாக்களைத் தொகுத்துக் கண்ட முக்கிய தன்மைகளை அவ்வப்போது கரும்பலகைச் சுருக்கத்தில் எழுதலாம்.

2. எக்காரணத்தைக்கொண்டும், ஆசிரியரே முன்கூட்டிச் சோதனைகளின் விளைவுகளையோ அல்லது முடிவுகளையோ அறிவித்தல் கூடாது. மாணவரையே உற்றுநோக்கி முடிவு களைச் சொல்லுமாறு பணித்தல் வேண்டும். இதனுல் மாணவரது சிந்திக்கும் பண்பு வளரும்.

3. ஆசிரியர் நாடகப் பாணியைக் கையாண்டு, அடுத்து என்ன நிகழவிருக்கிறது என்ற வியப்பைத் தூண்டி, சோதனைகளை அமைத்தல் வேண்டும்.

4. ஒரு தலைப்பின் கீழ்ப்பல சோதனைகளை ஒன்றன்பின் ஒன்ருகச் செய்யும்போது, ஒவ்வொரு சோதனையின் முடிவினையும் அவ்வப்போது தொகுத்துச் சொல்லவோ அல்லது கரும் பலகையிலே எழுதவோ செய்யலாம்.

5. சில நேரங்களில் சோதனைகள் வெகு வேகமாக நிகழ்த்தப் பெறும்போது அல்லது மாற்றங்கள் விரைவாக ஏற்படும் போது மாணவர்களில் ஒருசிலர் கவனிக்கத் தவறலாம். எடுத்துக்காட்டாக, சில்வர் நைட்டிரேட்டில் அம்மோனியா ஹைடிராக்ஸைடைச் சேர்த்தால் மிக விரைவாக மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன கரைசல் வெள்ளை-மஞ்சள்-சிவப்பு-பழுப்பு-கருப்பு (White-Yellow-Brown-Black) என்று மாறுவதைச் சிறிது கவனக் குறைவுள்ள மாணவனுல் காண முடியாது. இது போன்ற நேரங்களில் மாணவர் ஒருவரைப் பார்த்த வற்றைக் கூறுமாறு செய்து, அதே மாற்றங்களை மற்ற மாணவரும் பார்த்தனரா என்று அறியலாம். இதில் ஏதும்

தகராறு ஏற்பட்டால், மற்றுமொருமுறை சோதனையைச் செய்து காட்ட வேண்டும். சோதனை செய்து முடித்த பின்னர். ஒரு மாணவரை செய்த சோதனையின் நோக்கத்தையும், மற்றொருவரை உபயோகப்படுத்திய சோதனைக் கருவிகளின் அமைப்பையும், வேறொரு மாணவரைச் செய்த முறையையும், வேறுருவரைக் கண்ட முடிவினையும் கூறும்படி (Review) மாணவர்களைக் கொண்டு செய்வது பாடப் பொருளை நன்கு அறிந்துள்ளதை விளக்கும்.

6. சோதனைகளில் பயன்படுத்திய பொருள்களை அல்லது கிடைத்த பொருளை (Product) மாணவர்கள் அருகில் நின்று தொட்டுப் பார்க்க விரும்பினால், இவற்றை ஒவ்வொருவருக்காக அனுப்பலாம், அல்லது விவரங்களைக் குறித்து வைத்துப் பின்னர் மாணவர்கள் காண்பதற்கு ஏற்பாடு செய்தல் வேண்டும்.

7. சோதனைகளை வகுப்பின் தொடக்கத்திலோ அல்லது இறுதியிலோ தொடர்ச்சியாகக் காட்டாமல், பாட நேரம் முழுவதும் சோதனைகள் பரவலாக வருமாறு அமைத்துக் கொள்ளுதல் வேண்டும்.

8. இம் முறையில் மாணவர்களுக்கு நேரிடை அனுபவம் மிகவும் குறைவாதலின், அதனைப் போக்க, அவர்களைச் சில சோதனைகளின் முடிவுகளை அல்லது வேதியியல் மாற்றங்களைச் செய்து காட்டும் மேசைக்கு அருகில் வந்து கண்டு மற்றவர்களுக்கு எடுத்துச் சொல்லவும் அல்லது அளவுகளை அளந்து மற்றவர்களுக்கு அறிவித்துக் கரும்பலகையில் குறிப்பதற்கும், ஆசிரியருக்குச் சோதனை செய்வதில் துணையாய் அமையவும் ஏற்பாடு செய்தல் வேண்டும்.

9. சில சோதனைகள் செய்யும்போது காலதாமதம் ஏற்படுவதைத் தவிர்த்தல் வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, நீரை வெப்பப் படுத்தும்போது அதிக நேரம் ஆகும். ஆதலால், அதுவரை மாணவர் அமைதி குன்றும்; கவனமும் சிதைவுறும். ஆகவே, இது போன்ற காலத்தில் (Dead Period of Waiting) மாணவர்களுக்குத் தக்க வேறு பயிற்சி கொடுத்து கவனம் சிதைவுறாமல் செய்தல் வேண்டும்.

10. பருவநிலைக்கேற்பச் சோதனைகளை அமைத்தல் வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, மழைக்காலத்தில் நிலைமின்சாரத்தைக் கற்பிப்பதையும், குளிர் காலத்தில் 'பனிக்கட்டி உறைதலின்

உள்ளுறை வெப்பம் காணும் சோதனையைச் செய்வதையும் தவிர்த்தல் வேண்டும். இதற்குத் தக்க பாடத்தினை அமைத்துக் கொள்ளலாம்.

11. பாடப்புத்தகங்களில் கொடுத்துள்ள சோதனைகளையே செய்ய வேண்டும் என்பது இல்லை. சில நேரங்களில் புதிய சோதனைக் கருவிகளைக்கொண்டு சோதனையில் கருத்தை விளக்கலாம்.

12. எக் காரணத்தைக் கொண்டேனும், சோதனையின் முடிவு எதிர்பாராத வகையில் அமையுமானால் மாணவர்களிடம் தோல்வியை ஒப்புக்கொண்டு, மறுமுறை சரியாகச் செய்து காட்டுவதாகக் கூறவேண்டும். தவறு எதனால் ஏற்பட்டிருக்கலாம் என்பதை மாணவரைக் கொண்டே அறியச் செய்யலாம். தவறுகின்ற சோதனைகளிலிருந்தும் பயன்படத்தக்க முடிவுகளைக் காண வாய்ப்புண்டு.

13. சோதனையின் வெற்றியை மாணவரது நடத்தையைக் கொண்டே ஆசிரியர் மதிப்பிடலாம். மாணவருடைய முகமாற்றங்கள், அவரது கவனமின்மை, அவர்கள் தொடுக்கும் வினக்கள், மகிழ்ச்சி, வியப்பு, ஆர்வம் போன்றவை ஆசிரியருக்கு உதவும் துப்புகள் (Clues) ஆகும்.

செய்து காட்டும் முறையினால் விளையும் பயன்கள்

செய்து காட்டும் முறையில் மற்ற முறைகளைக்காட்டிலும் பல நன்மைகள் இருப்பதால், பெரும்பாலும் இது கற்பித்தலில் சிறந்த இடத்தை வகிக்கின்றது.

1. கருவிகளைப் பொறுத்தவரை இது மிகவும் சிக்கனமான முறை. விலையுயர்ந்த கருவி ஒன்றினைக்கொண்டு பல மாணவர்க்குப் பல ஆண்டுகள் கற்பித்துவிடலாம். பாதரசம் விலையுயர்ந்தது. இதனை உபயோகித்துச் செய்யப்படும் பாரமானி சோதனையையும் பாயிலின் விதிச் சோதனையையும் ஒன்றிரண்டு கருவிகளைக்கொண்டு பல மாணவர்க்குக் கற்பித்துவிடலாம். அத்துடன் ஒரே மாதிரியான கருவிகள் பலவற்றைச் சேகரித்து வைத்துக்காப்பது என்பது அவ்வளவு எளிதல்ல. இம் முறையில் ஒவ்வொருவருக்கும் ஒரு கருவியே போதுமானது.

2. சில நேரங்களில் கருவிகள் மிகவும் துல்லியமானவையாக இருக்கலாம். இவற்றைத் தவருகப் பயன்படுத்தினால் அவற்றின் துல்லியம் (Accuracy) குறைந்துவிடும். ஆகவே,

இக் கருவிகளைப் பயன்படுத்தும் முறையினை மாணவருக்குச் செய்து காட்டி விளக்க வேண்டும்.

3. சில சோதனைகள் ஆபத்து நிறைந்தனவாக இருக்கலாம். உயர் மின்னழுத்தமுள்ள கன்டென்சர்களை (Condensers) பயன்படுத்தும்போது மிகவும் கவனமாக இருத்தல் வேண்டும்.

4. ஆசிரியரின் நேரத்தைப் பொறுத்தும் மிகவும் சிக்கனமான முறையாகும். 15 சோதனைகளுக்குத் தயார் செய்து வைக்க ஆகும் காலத்தைவிட ஒரு சோதனைக்குத் தயார் செய்வது மிகவும் எளிது. அதே போன்று ஒரு சோதனையை ஆசிரியர் செய்து காட்டுவது 15 பேர்கள் செய்யும் சோதனைகளைக் கண்காணிப்பதைவிட எளிது. அத்துடன் குறைந்த நேரத்தில் நிறைய பகுதிகளை இம் முறையில் சோதனைகளைக் கொண்டு விளக்கிக் கற்பிக்கலாம்.

5. ஆசிரியர் முன் கூட்டியே செய்து பார்ப்பதனாலும், பட்டறிவு மிக்கவராக இருப்பதாலும் சோதனைகளை எளிதாகவும், சரியாகவும் கையாள முடியும்; எதிர்பார்க்கும் சரியான முடிவுகளைப் பெறவும் முடியும். உதாரணமாக, புவி ஈர்ப்பு வேக வளர்ச்சி 'g'ன் மதிப்பு ஓரிடத்தில் மாறாதது (Constant). மாணவர்கள் சோதனை செய்து பெறுகின்ற மதிப்பைவிட, ஆசிரியர் தம் அனுபவத்தால் சரியான மதிப்பைப் பெற முடியும்.

6. சோதனை நடத்தும்போது மாணவருக்கு அவ்வப்போது விளக்கம் கொடுப்பதாலும், வினாவினை எழுப்பி உற்றுநோக்கச் செய்வதாலும் மாணவரது கவனம் நிலைத்து நின்று பயன் மிக்க கல்வி ஏற்பட வழி செய்கின்றது. மேலும், புதிய கருவிகளாகவோ அல்லது நுணுக்கம் நிறைந்த கருவியாகவோ இருப்பின், அவற்றினைக் கையாளும் முறையினையும் முதன் முதலில் இம் முறையில் செய்து காட்டி விளக்கினால் பின்னர் மாணவருக்கு அவற்றைக் கையாளுவது எளிதாகின்றது.

இம் முறையைப் பயன்படுத்துவதில் உள்ள வரம்புகள் (Limitations)

1. தெளிவாகப் பார்ப்பது என்பது எப்பொழுதும் ஏற்படும் பிரச்சினை. குறிப்பிட்ட வசதிகள் அமைந்து இருந்தால்தான் இம் முறை சிறந்த பயனளிக்கும்.

2. எவ்வளவு சிறந்த முறையாக இருப்பினும், 'செய்து கற்றல்' (Learning by doing) என்ற அரிய கல்விக் கோட்பாட்டிற்கு இம் முறை வழி வகுக்கவில்லை.

3. பெரும்பாலான அறிவியல் அறிவைக் கண்ணுலும், காதாலும் பார்த்து மட்டும் பெற முடியாது. சில நேரங்களில் அவற்றைத் தொட்டுணர்ந்தோ, அன்றி அருகில் உற்று நோக்கியோ அல்லது அவற்றின் மணத்தை நுகர்ந்தோதான் தெளிவான அறிவைப் பெற இயலும். ஆனால், இவற்றிற்கு இம் முறையில் வழி சரியாக அமையவில்லை.

4. செய்து காட்டும் சோதனையில் நடக்கின்ற விவாதத்தில் சாதாரணமாகச் சில அறிவுக் கூர்மையுள்ள மாணவர்கள், மற்றவர் நலனுக்கு எதிராகத் தாங்கள் புரிந்து கொண்டமையைத் தெரிவித்து வகுப்பை மேல் நடத்திச் செல்லலாம். பிற்பட்ட மாணவர்கள் இதனால் மிகுதியாகப் பாதிக்கப் படலாம்.

5. சிக்கனம் என்று கருதி ஒரே ஒரு கருவியை மட்டும் வைத்துக் கொண்டு மாணவருக்குச் சோதனையைக் கையாளும் முறையைக் கற்பிக்கப் போதிய கருவிகள் இல்லாமையினால், வாய்ப்பு கொடுக்க இயலாமல் போய்விடும். ஆகையால், செய்து காட்டப்பட்ட சோதனையைப் பார்த்ததனால், அதைப் பற்றிய முழு விவரங்களையும் அறிந்து கொண்டதாகக் கருத முடியாது.

பயிற்சி வினுக்கள்

1. விரிவுரை முறையின் குறைகள் யாவை? அறிவியல் கற்பித்தலில் விரிவுரை முறையை எவ்வாறு சிறப்பாக அமைக்க முடியும்?
2. அறிவியல் கற்பித்தலில் பாடநூலை எவ்வாறு பயன்படுத்தலாம்?
3. 'செய்து காட்டல்' முறையை எவ்வாறு நன்கு திட்டமிட்டு நிகழ்த்தப்பட வேண்டும் என்பதனை விளக்குக. அறிவியல் கற்பித்தலில் செய்து காட்டல் முறையின் நிறை, குறைகள் யாவை?
4. உயர்நிலைப்பள்ளி வகுப்புக்கு ஏதாவது ஒரு தலைப்பின்கீழ் சோதனை ஒன்று அமைத்து, பயிற்சியாளர்க்குச் செய்து காட்டி, அவர்களது கருத்தை அறியவும்.

5. அறிவியல் கற்பிக்கும் முறைகள்-2

'சோதனைமூலம் நிரூபிக்கப்பட்ட உண்மைகளே நிலை பெற்றவை' என்ற தெளிவு ஏற்பட்ட பின்னரே அறிவியல் அறிவு வளர்ச்சி பெறத் தொடங்கியது என்பதை அறியலாம். பன்னெடுங் காலமாக அறிவியல் அறிவு என்று பல கருத்துகள் பல அறிஞர் களால் சொல்லப்பட்டு வந்திருந்தாலும், அவ்வளவும் சிலர் மனதில் தோன்றியவையாகவோ அல்லது உற்று நோக்கி அறிந் தவையாகவோ இருந்தனவே தவிர, சோதனை செய்து நிரூபிக்கப் பட்டவை அன்று. அது போன்று தவறாக ஏற்பட்ட கருத்துகளைச் சோதனைமூலம் தவறு என்று நிரூபித்துக் காட்டித் தகர்த்தெறிந்த பெருமை கலிலியோ போன்ற அறிவியல் அறிஞருக்கு உண்டு. அதன் காரணமாகவே அறிவியல் கருத்துகள் நிலைபெற வேண்டு மாயின், சோதனைகள் அடிப்படையில் அமைதல் வேண்டும் என்ற புதிய தத்துவம் (Empiricism) ஏற்பட்டது. ஆகவே, அறிவியல் வளர்வதற்குக் காரணமாக அமைந்த சோதனை முறையில் பயிற்சி கொடுப்பதையே அறிவியல் கற்பிப்பதில் முக்கிய நோக்கமாகக் கொள்ள வேண்டும். ஆனால், இதற்கு முன்னர் விவரித்த இரு முறைகளிலும் ஆசிரியரும், புத்தகமுமாக அறிவியல் செய்திகளை அதிகாரத்துடன் அறிவிக்கின்றன. அறிவியல் அறிவு என்பது வாய்மொழியினாலோ, அல்லது நூலறிவினாலோ மட்டும் வளர்ந்து விடுவதில்லை. செய்து கற்றலே சிறந்த முறையாகும். இம் முறை களுக்கு முன்னோடியாக விளங்குவது கண்டறியும் முறை (Heuristic Method) ஆகும்.

கண்டறியும் முறை (Heuristic Method)

சென்ற 19ஆம் நூற்றாண்டின் இறுதியில் அறிவியல் கற்பித் தலில் புரட்சிகரமான மாறுதலை ஏற்படுத்தியவர் இலண்டன் நகரில் அமைந்த இரசாயனக் கழகத்தில் (Central Technical College, City of Guilds of London Institute) பணியாற்றிய

பேராசிரியர் ஆர்ம்ஸ்டிராங் (M. E. Armstrong) ஆவார். உயர் கல்விக்காக அவரை நாடிய மாணவர்களில் எவருக்கும் சோதனைகள் செய்வதற்குரிய அடிப்படை அறிவுகூட ஏற்படாதிருந்தது குறித்து வருத்தமுற்றுப் புதிய முறை ஒன்றினை உருவாக்கினர். புதிய அறிவினைக் காண்பதில் முனைந்து நிற்கும் அறிவியல் அறிஞர்கள் நிலையில் மாணவர்களை வைத்து, பிரச்சினைகளை எழுப்பி, அவர்களுக்குத் தேவையான கருவிகளைக் கொடுத்து, அவர்களையே சோதனையைச் செய்யுமாறு பணித்து, அச் சோதனை களிலிருந்து உற்று நோக்கி அறிந்தவற்றைக் கொண்டு அறிவியல் செய்திகளைக் கண்டுபிடிக்குமாறு செய்தலே இம் முறையின் நோக்க மாகும். பாடப் பகுதிகளையே பிரச்சினைகளாக அமைத்து, ஒவ்வொரு பிரச்சினையையும் தம் மாணவருக்குக் கொடுத்து, அப் பிரச்சினைக்குரிய விடைகளை மாணவர்கள் தனித்தனியாகக் கண்ட றியுமாறு செய்தல் வேண்டும். சோதனைகளைச் செய்வதற்குச் சோதனைக் குறிப்புகள் என்று விவரமாக ஏதும் கொடுப்பதில்லை. பிரச்சினைகளும், மிகக் குறைந்த அளவில் அமைந்த செய்முறைக் குறிப்பும் அடங்கிய ஒரு பேப்பர் மட்டுமே கொடுக்கப்படும். மாணவர்கள் அனைவரும் பிரச்சினைக்குரிய விடையை அறிவதில் துப்பறியும் நிபுணர்கள் (Detectives) போல் ஈடுபடுகின்றனர். எடுத்துக்காட்டாக, இரும்பு துருப்பிடித்தல் என்ற அறிவியல் நிகழ்ச்சியை எடுத்துக்கொண்டு, 'இந் நிகழ்ச்சி இரும்பைப் பொறுத்த அளவில் ஒரு கொலையா அல்லது தற்கொலையா ?' என்று ஆராயும்படி மாணவர்கள் ஈடுபடுத்தப்படுகின்றனர்; தாங்க ளாகவே சோதனைகளை அமைத்து, இப் புதிரை விடுவிக்க முயற்சி செய்கின்றனர். உற்றுநோக்கங்களையும், உற்று நோக்கிச் சேகரித்த தகவல்களிலிருந்து தொடர்பை அறிதலும் வலியுறுத்தப்படு கின்றன. இதுவே கண்டறியும் முறையாகும். 'Heuristic' என்ற வார்த்தை கிரேக்க மொழியிலிருந்து பெற்றது. இதற்குப் பொருள் கண்டறிவது (To discover) என்பதாகும்.

இம் முறையில் மாணவர்கள் என்ன கற்கிறர்கள் என்பதை விட ஏப்படிக் (How) கற்கிறர்கள் என்பதே முக்கியமாகக் கருதப் படுகிறது. F. W. வெஸ்ட்வே (F. W. Westway) கூற்றுப்படி, கண்டறியும் முறையின் நோக்கம் கற்கும் முறையில் பயிற்சிக் கொடுப்பதை வலியுறுத்தி, அறிவு வளர்ச்சி என்பதை இரண்டாம் தரமாக ஆக்குகின்றது. இம் முறையில் மாணவருக்குப் பிரச் சினையைத் தீர்க்கும் முறையைப்பற்றிக் கற்பிப்பதால், அறிவியல் முறையில் சிறந்த பயிற்சியைப் பெறுகின்றனர். ஆசிரியர் வழக்க மாக மற்ற முறைகளில் பின்பற்றும், ஊட்டிவிடும் (Spoon feeding) முறை இதில் எள்ளளவும் இல்லை. சுயமாகவே சிந்தித்து,

சோதனைகளை அமைத்து, தகவல்களைச் சேகரித்து, அவற்றிலிருந்து உண்மையை அறிகின்றனர். ஆசிரியர் அவ்வப்போது மாணவரை வினவி, அவர்கள் பின்பற்ற இருக்கிற முறை சரிதானா என்று அறிந்து நல்வழிப்படுத்தலாம்; மாணவருக்கு ஏற்ற வகையில் பிரச்சினைகளை ஏற்படுத்தலாம்.

கண்டறியும் முறையும், அதன் தொடக்க நிலைகளும்

1790ஆம் ஆண்டிலேயே பிரீஸ்டிலி (Priestley) என்ற அறிவியல் அறிஞர் இரசாயன பாடத்தில் முக்கியத்துவத்தை எடுத்துக் கூறி, அதனைக் கற்பிக்கும் முறைகள் ஆராயும் மனப் பான்மையை அடிப்படையாகக் கொண்டு அமைத்து, மாணவர்கள் தங்கள் முயற்சியாலேயே செய்திகளைக் கண்டறிதல் வேண்டுமென்று கூறியிருக்கிறார். பெஸ்டலாஜி (Pestalozzi), லாக் (Locke), ரூஸோ (Rousseau) போன்ற கல்வியாளர்களும் ஆராய்ந்து காண்பதே சிறந்த முறையெனத் தெற்றத் தெளிவாகக் கூறியிருக்கின்றனர். பெஸ்டலாஜி என்ற கல்வியாளர் ஆராய்ச்சியாளர்கள் சென்ற வழியையே குழந்தைகளும் பின்பற்றுமாறு செய்ய வேண்டுமெனக் கண்டறியும் முறையின் தத்துவத்தை முன்கூட்டியே விளக்கி யுள்ளார். கல்வியாளர் ரூஸோவும் குழந்தைகள் உண்மைகளை மனப் பாடம் செய்யாமல், அவர்கள் சொந்த முயற்சியினால் ஆராய்ந்து காணுமாறு செய்தல் வேண்டும் என்று சொல்லியுள்ளார். அறிவியல் மேதையான ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீனும் எதையும் ஆராயும் மனமே, அறிவைவிடச் சிறந்தது (An inquiring mind is more important than knowledge itself) எனக் கூறியுள்ளார். இவ்வாறு பல கல்வி யாளர்களும் அறிஞர்களும் கண்டறியும் முறையின் தத்தவத்தை வலியுறுத்திக் கூறியிருப்பினும், முதன்முதலாக 1889-ல் பொரு ளியல், வேதியியல் பகுதிகளைக் கற்பிக்கும் முறையாக அமைத்தது ஆர்ம்ஸ்டிராங்கே ஆவார்.

இம் முறையின் நன்மைகள்

1. இம் முறையில் உண்மையை அறிந்துகொள்ள மாணவரி டையே அறிவியல் மனப்பான்மையும், திறனாய்வு செய்யும் முறையும் வலியுறுத்தப்படுகின்றன.

2. மாணவர்கள் தங்கள் உழைப்பிலேயே நம்பிக்கை வைத்து, தன்னம்பிக்கை பெறுகின்றனர்.

3. இதில் பெற்ற அனுபவம் நேரிடையாக அமைவதால், இம் முறையைப் பின்பற்றி அறிந்த உண்மைகள் நிலைபெற்று உள்ளன.

4. உற்று நோக்கி அறியும் பண்பு, செய்திகளைச் சேகரிக்கும் பழக்கம், அவற்றிலிருந்து உற்றறியும் பழக்கம், விடாமுயற்சி முதலிய நற்பண்புகள் வளருகின்றன.

இம் முறையில் உள்ள குறைபாடுகள்

1. மாணவர்கள் தாங்களாகவே அறிவியல் அறிஞரின் நிலையில் இருந்து கண்டுபிடிக்க வேண்டும் என்று நினைப்பது நடவாத செயல் ஆகும். மாணவர்கள் அந் நிலையை எய்துவதற்குப் போதிய மனவளர்ச்சியும், மனப்பக்குவமும் இல்லை. 'கண்டு பிடிப்பு' என்ற சொல்லுக்கே சில நேரங்களில் இழுக்கு ஏற்படலாம். சாதாரண உண்மைகள் கூடி மாபெரும் கண்டு பிடிப்பு என்ற நிலை ஏற்படும். பொதுவாக, ஒவ்வொரு செய்தி யையும் புதிய கண்டுபிடிப்பு என்று நினைத்து, மேசையில் ஒளித்து வைக்கப்பட்ட தீப்பெட்டியைக் கண்டு எடுத்தால், அதைக்கூடக் கண்டுபிடிப்பு என்று மாணவர் எண்ணும் நிலை உருவாகும்.

2. எல்லாச்செய்திகளையும் கண்டுபிடித்தே அறியவேண்டுமாயின், செய்திகளை அறியக் காலதாமதம் ஏற்படும். அறிவியல் முறை யைப் பின்பற்றிச் சோதனைகளை அமைத்து, தாங்களாகவே முறையையும் பின்பற்றி அறிவது என்பது அதிக காலமாகக் கூடிய செயலாகும். மிக எளிய கருத்துகளையே கண்டுபிடிக்க முடியும்.

3. இம் முறை சிறந்த வெற்றியளிக்க வேண்டுமாயின், ஆராய்ச்சி மனப்பான்மையுள்ள ஆசிரியரும், நுண்ணறிவு மிக அதிக மாகப் படைத்த மாணவர்களுமே தேவைப்படுவர்.

4. இம்முறையில் பயிற்சி அளிக்க வேண்டுமாயின், மிகக் குறைந்த மாணவர்களைக் கொண்டு வகுப்புகள் செயல்பட வேண்டும்.

5. ஒவ்வொரு செய்தியை அறியவும் சோதனை செய்தல்வேண்டும் என இம் முறையில் வலியுறுத்தப்படுவதால், சோதனைச்சாலை இல்லாமல் அறிவியல் அறிவு வளராது என்ற கருத்தும், ஆய்வு கூடமே அறிவியல் வளர்ச்சிக்கு அடிப்படை என்று தவறான கருத்தும் ஏற்பட்டுவிடும்.

6. நன்கு அமைந்த ஆய்வுக் கூடங்கள் தேவையாகின்றன.

7. அறிவியல் அறிவு என்பது பன்னெடுங்காலமாகப் பல அறிவியல் அறிஞர்களால் வளர்ந்தது. ஏதாவது ஒரு துறையில்

ஆராய்ச்சி செய்யும் அறிவியல் அறிஞன்கூட, அதற்குமுன் அத் துறையில் ஈடுபட்டு கண்டுபிடித்து அறிந்த அறிஞர்களது செய்திகளை அடிப்படையாகக்கொண்டு தொடர்கிருன். அறிவியலில் ஒவ்வொரு துறையிலும் ஆராய்ச்சிகள் செய்யப் பட்டு அறிந்த முடிவுகளை வகைப்படுத்தி (Catalogueing) அட்டவணைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. அறிவியல் அறிவு வளர்ச் சிக்கு அடிப்படையாய் அமைவது இந்தக் குழு வேலை (Team work) தான். ஆனால், இம் முறையில் எல்லாச் செய்திகளையும் மீண்டும் மாணவரே சோதனையில் ஈடுபட்டுக் கண்டறிய முனைவது அறிவியல் அறிவு வளர்ச்சிக்குத் துணை செய்யாதது மட்டுமன்றி, இதற்கு முன்னர்ச் செய்த சோதனைகளின் முடிவுகளை ஒத்துக்கொள்ளாதது போலாகும்.

8. அபாயம் விளைவிக்கக்கூடிய சோதனைகளையும், நச்சுத் தன்மை வாய்ந்த பொருள்களைப் பயன்படுத்தும் சோதனைகளையும் இம் முறையைப் பின்பற்றி நடத்துவது சில நேரங்களில் ஆபத்தாகக்கூட முடியும்.

இம் முறையில் மேற்கண்டவாறு பலகுறைகள் இருக்கின்றன. இது தொடக்கநிலைப்பள்ளி மாணவருக்கு முற்றிலும் நடை முறைப்படுத்த இயலாது. ஆனால், இம் முறையில் வலியுறுத்தப் படும் திட்டமிடுதலும், சோதனைகளை அமைப்பதும், உற்று நோக்குவதும், உணர்ந்துகொள்ளுதலுமான (Interpretation). செயல்கள் அறிவியல் முறையின் மிக முக்கியமான படிகளாகும் அறிவியல் கற்கும் ஒவ்வொரு மாணவனும் இம் முறைகளில் பயிற்சிப் பெற வேண்டியது இன்றியமையாதது. ஆகவே, இம் முறையைச் சிறிது மாற்றி அமைத்தால், இது ஒரு சாதாரண எளிதில் பின்பற்றக்கூடிய முறையே என்பது தெளிவாகும். இம் முறையில் உள்ளதுபோல் ஆசிரியர் எவ்வித உதவியும் மாணவ ருக்குக் கொடுத்தல் கூடாது என்பதை மாற்றி, சோதனையை எவ்வாறு செய்யலாம் என்று குறைந்த அளவில் அமைந்த விவரத் தினையும் (Minimum instructions) அவ்வப்போது சிறு உதவிகளை யும் ஆசிரியர் கொடுத்து மாணவரை ஊக்குவித்தால், இம் முறை சாதாரண முறையாக மாறுகின்றது. ஆனால், ஆசிரியர் கொடுக்கும் குறிப்புகள் மாணவரது ஆர்வத்தைத் தூண்டி, சோதனையின் முடிவுகளை முன்கூட்டியே சிறிதும் தெரிவிக்காத முறையில் அமைய வேண்டும். அதேபோன்று எல்லாப் பாடப்பகுதிகளையும் இம் முறையைப் பின்பற்றி அமைப்பது என்பதை மாற்றி, எந்தெந்தப் பகுதிகளை இம் முறையைப் பயன்படுத்திக் கற்பிக்க லாமோ அவற்றிற்கு மட்டுமே அமைத்தால் சிறந்த பயன்

அளிக்கும். இதற்கு முன்னர் கண்டுபிடித்த உண்மைகளை மீண்டும் கண்டுபிடிக்க முயல்வது ஆசிரியர் மாணவருக்குச் சிறந்த தொண்டு செய்வதாகாது; இவ்வாறு செய்வது தம்மையும் ஏமாற்றிக்கொண்டு மாணவரையும் ஏமாற்றுவதற்கொப்பாகும். ஆகவே, அடிப்படை உண்மைகளைப் புத்தகங்களிலிருந்து படித்துக் கொண்டோ, ஆசிரியரிடமிருந்து அறிந்துகொண்டோ புதிய செய்திகளை மட்டும் இம் முறையில் காணலாம். பொதுவாக, ஆய்வக வேலைகளில் முடிவை முன்பே கூறுமல், சோதனைகளை மாற்றி அமைத்துச்செய்யும்படிச் செய்தாலே ஓரளவுக்கு மாணவர் அறிவியல் முறையில் பயிற்சிபெற வழியாய் அமையும்.

ஆய்வக முறை (Laboratory Method)

'செயல்மூலம் கல்வி' (Learning by doing) என்பது மிகச் சிறந்த கல்விக் கொள்கையாகச் சென்ற பல ஆண்டுகளாக இருந்து வருகின்றது. இக் கருத்தையொட்டியே அறிவியல் கற்பிப்பதிலும் மாணவர்கள் ஒவ்வொரு தத்துவத்தையும் சோதனையின் அடிப் படையில் தாங்களாகவே செய்து, அவற்றின் முடிவுகளைக் கண்ட றிதல் வேண்டும் என்ற கொள்கை பரவியது. சோதனையின் அடிப்படையில் நிறுவப்படாத கருத்துகள் எவையும் தெளிந்த உண்மைகளாகவோ அல்லது முடிவுகளாகவோ இருக்க முடியாது என்பது அறிவியல் வரலாறு கூறும் உண்மை. தத்துவமேதை அரிஸ்டாடிலின் பொருளியல் பற்றிய சில கொள்கைகள் பல நூற்றுண்டுகளுக்குப் பின் தோன்றிய கலிலியோ, டாரிசெல்லி போன்ற விஞ்ஞானிகளால் சோதனைகளின் அடிப்படையில் எவ் வாறு தவறு என்று நிரூபிக்கப்பட்டு மதிப்பை இழந்தன என்பது நாம் அனைவரும் அறிந்த உண்மை. இன்று அறிவியல் துறை யில் ஏற்பட்டுள்ள வளர்ச்சிகள் அனைத்தும் அறிவியல் அறிஞர் களின் விருப்பு, வெறுப்பின்றிப் புறவயத்தன்மையுடன் உண்மை களை ஆராய்ந்து அமைத்துக் காட்டிய சோதனைகளின் முடிவுகளே யாகும். இன்றும் கூடி எவரேனும் புதிய கருத்து ஒன்றினைக் கூறும்போது கேட்பவர் 'இதற்கு ஆதாரம் என்ன?' என்ற வினு வைத் தொடுப்பதைப் பார்க்கிறோம். ஆகவே, அறிவியல் கற்பிப் பதில் சோதனைச்சாலை முறை மிகச் சிறந்ததோர் இடத்தைப் பெற வேண்டும்.

சோதனை முறையின் பயன்கள்

சோதனை முறையை எங்ஙனம்அமைப்பது என்பதை நோக்கு வதற்கு முன், இம் முறையினுல் விளையும் பயன்களை அறிவோம்.

1. சோதனைகளின் அடிப்படையில் செய்து கற்ற உண்மைகள் தெளிவான அறிவை ஏற்படுத்துவதுடன், மாணவர்களே செய்து கற்பதால் நிலைத்த கற்றலுக்கு (Permanent Learning) வழி கோலுகின்றது என்பதை உணர்தல் வேண்டும்.

2. கருவிகளைத் தொட்டுணர்ந்து, கையாண்டு சோதனைகளை அமைக்கும்போது, ஏற்படுகின்ற விளைவுகளை உற்றுநோக்கி அறிகின்றனர்.

3. விலையுயர்ந்த கருவிகளையும், துல்லியமான கருவிகளையும் கவனமாகக் கையாளுவதால், அவற்றின் அமைப்பு முறையையும், அவை செயல்படும் முறையையும் தெளிவாக அறிந்துகொள்ள நேரிடையாகப் பயிற்சி அளிக்கப்படுகின்றது.

4. சரியான முடிவு கிடைக்கும் வரையும், மாறுத முடிவு கிடைக்கும் வரையும் மீண்டும்மீண்டும் சோதனை செய்து தெளிந்த உண்மையை நிறுவுவதால், மாணவருக்கு அறிவியல் மனப்பான்மையும், அறிவியல் முறையில் தேர்ந்த பயிற்சியையும் இம் முறை அளிக்கிறது.

5. செய்து காட்டும் முறையைப் போலல்லாது, இம் முறையில் மாணவர்கள் தனித்தனியாகவும், சில நேரங்களில் ஒன்று· இரண்டு பேர் இணைந்தும் சோதனை செய்யும்போது, கூட்டு மனப்பான்மை, விடாமுயற்சி, ஒத்துழைப்பு, தன்னம்பிக்கை போன்ற நல்ல பண்புகள் வளர்கின்றன.

6. உண்மையான அறிவியற் சோதனைகள் மாணவரது உயர் சிந்தனை (High level thinking) ஆற்றலைத் தூண்டுபவை. முடிவு கணிக்க முடியாத சோதனைகளில் (Open ended experi- pments) பிரச்சினைகளை வரையறுப்பதிலும், தீர்ப்பதற்குரிய முறைகளை வகுத்துத் திட்டமிடுவதிலும் மாணவரது படைப்புத் திறனுக்கும், சிந்தனை ஆற்றலுக்கும் ஒரு சவாலாக மாறுகிறது.

உண்மைச் சோதனையும் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட சோதனையும்

இன்று கல்விக்கூடங்களில் சோதனை (Experiment) என்று செய்யப்படுபவை எல்லாம் 'உண்மையிலே 'சோதனை' என்ற சொல்லுக்குத் தகுதியுடையவை ஆக மாட்டா. பெரும்பாலான சோதனைகள் அறிவியல் அறிஞர்கள் கண்டுபிடித்த உண்மைகளை, விதிகளைச் சரிபார்க்கும் சோதனைகளாகவே அமைக்கப்படுகின்றன.

உதாரணமாக, 'பாயிலின் விதியைச் சரி பார்த்தல்' 'ஹூக் விதியைச் சரி பார்த்தல்', 'ஆர்க்கிமிடிஸ் விதியைச் சரி பார்த்தல்' என்று விதியையும், செய்முறையையும் கூறி, அவ் விதி சரியானதுதானு என்று சோதனை செய்வதில் சோதிக்க வேண்டியதோ அல்லது கற்றுத் தெளிய வேண்டியதோ ஏதும் இல்லை. காரணம், செய்யப் படும் சோதனையின் முடிவு சோதனை செய்யப்படும் முன்னரே தெரிந்த ஒன்று. எனவே, இவை போன்றவை உண்மையான சோதனைகளாக மாட்டா, இவை வெறும் பயிற்சிகளே (Exercises) ஆகும். எந்த சோதனைகளில் சோதனையின் முடிவு முன்கூட்டியே தெரியாமல் உள்ளனவோ அவைமட்டுமே 'சோதனை' என்ற பெய ருக்குத் தகுதியுடையவை.

சோதனைகள் எல்லாவற்றிற்கும் முடிவு காண்பதற்குச் சில படிகள் (Steps) உண்டு. 'ஓர் இரும்புத் துண்டு பாதரசத்தில் மிதக்குமா?' என்று ஒரு மாணவன் பிரச்சினை ஒன்றை எழுப்பி, அதைச் சோதித்துப் பார்க்கலாம். இந்தச் சோதனையில் முடிவு தெரிய ஒரே ஒரு முறை மட்டும் செய்தால் போதுமானது. இவ் வகை எளிய சோதனைகளில் மூன்று படிகளே உள்ளன.

1. பிரச்சினை எழுப்புதல்; 2. சோதனை செய்து, உற்றுநோக்குதல்; 3. முடிவு.

சில கடினமான சோதனைகளில் இன்னும் சில படிகளைக் கையாளுதல் வேண்டும். முதலில் கண்ட முடிவுடன் நில்லாமல் முதல் முடிவைத் தற்காலிகமான முடிவாக அமைத்துக் கொண்டு, மீண்டும் அளவீடுகளை மாற்றிச் சோதனையைத் திரும்பச் செய்து விளைவுகளை ஆராய்ந்து கிடைக்கின்ற மாருத முடிவை ஏற்றுக்கொள்ளுதல் அவசியமாகும்.

சில நேரங்களில் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட சோதனைகள் (Controlled Experiments) செய்ய வேண்டி நேரிடலாம். உதாரணமாக, ஒரு பாத்திரத்தினுள் அடைபட்ட வாயுவின் நடத்தை, உஷ்ணநிலை, அழுத்தம், கன அளவு ஆகிய மூன்றையும் பொறுத்து அமையும். இவற்றில் ஏதாவது ஒன்றினைக் கட்டுப் படுத்தி மாருமல் வைத்து மற்ற இரண்டிற்குமுள்ள தொடர் பினை அறியலாம். இது போன்று செய்யப்படும் சோதனைகளுக்குக் கட்டுப்படுத்தப்பட்ட சோதனைகள் என்று பெயர்.

சோதனை அமைக்கும் முறை

சோதனைகளை அமைக்கும்போது பின்வரும் நோக்கங்களை ஆசிரியர் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும்.

1. சோதனைகளை எப்போதும் நாம் எதிர்பார்க்கும் முடிவினை நல்கக்கூடிய பயிற்சிகளாக அமைத்தல் கூடாது. முடிவுகளை முன்கூட்டியே கூருமல், மாணவர்களைக்கொண்டே அறியச் செய்தல் வேண்டும். ஆனுல், செய்கின்ற சோதனையின் நோக்கம் தெளிவாய் அமைதல் வேண்டும். உதாரணமாக, 'பாயில் விதியைச் சரி பார்த்தல்' என்பதைவிட, 'அடைபட்டுள்ள காற்றின் உஷ்ணநிலை மாருதிருக்கையில், அதனுடைய அழுத்தத்திற்கும், கன அளவுக்கும் உள்ள தொடர்பினைக் காணுதல்' என்ற நோக்கத்தினைத் தெளிவுபடுத்தலாம்.

2. செய்யப்படும் சோதனைகளுக்குத் தேவையான கருவிகள் எளியவையாகவும், மிக விரைவில் அமைக்கும்படியாகவும் இருத்தல் வேண்டும்.

3. சோதனையின் முடிவுகள் காலம் தாழ்த்தாது விரைவிலேயே காண்பவையாக இருத்தல் வேண்டும்.

4. சோதனைகளை அமைக்கும்போது, கூடியவரை மாணவர்கள் ஓய்வுடன் இல்லாமல் (Dead Intervals) பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும். உதாரணமாக, தண்ணீர் கொதிக்கும் வரையோ அல்லது எடுத்துக்கொண்ட கரைசலை வடிகட்டி முடியும் வரையோ ஓய்வுடன் காலத்தை வீணுக்காமல் இருக்க, இது போன்ற நேரங்களில் வேறு இடைப்பயிற்சிகளில் மாணவரை ஈடுபடுத்தினுல் அமைதிக் குலைவைத் தவிர்க்கலாம்.

5. மாணவருக்கு அறிமுகம் ஆன சோதனைக்கருவிகளையே பயன்படுத்துதல் வேண்டும். புதிய கருவிகளாகவோ அல்லது துல்லியமான விலையுயர்ந்த கருவிகளாகவோ அல்லது விஷப் பொருள்களாகவோ இருப்பின் அவற்றைக் கையாளும் முறையினைத் தெளிவாகச் சொல்லுதல் வேண்டும்.

6. எதிர்பாராத முடிவுகளோ அல்லது தவருன முடிவுகளோ சோதனையின் இறுதியில் வந்தால், மாணவரது ஆராய்வூக்கத்தைத் தூண்டி, எதன் காரணமாக இது போன்ற முடிவுகள் ஏற்பட்டன என்று ஆராயச் சொல்லலாம். ஆய்வுக்கூடம் என்பது பிரச்சினைகளுக்கு முடிவு காணும் இடம் மட்டுமன்று. பல புதிய பிரச்சினைகளும் தோன்றுகின்ற இடம் என்பதை உணர வேண்டும்.

7. மாணவர்கள் சோதனைச்சாலைக்கு வருமுன்னரே அவர்களுக்குத் தேவைப்பட்ட கருவிகளை எல்லாம் சரி செய்து மேசைமீது வைத்தல் வேண்டும்.

8. சோதனைகளுக்குத் தேவையான தெளிவான சுருக்கமாய் அமைந்த சோதனை குறிப்புகள் கொடுத்தல் வேண்டும்.

9. சில சோதனை குறிப்புகள் மிகவும் கடினமானவையாக மாணவருக்கு அமையுமானால், ஆசிரியர் முன்கூட்டியே அச் சோதனையைச் செய்து காட்டிவிட்டு, பின்னர் மாணவரைத் தனியே செய்யுமாறு பணிக்கலாம்.

10. சோதனைக்குத் தேவையான அளவுக்குச் செய்திகளை மாண வரைச் சேகரிக்கச் செய்ய வேண்டும். சோதனையின் ஒரே ஒரு விவரத்தை வைத்து ஒரு முடிவுக்கு வருதல் கூடாது. கால தாமதம் ஏற்படும் சோதனையாயின், மாணவர் சேகரித்த குறிப்புகளைப் பரிமாறிக் கொள்ளச் செய்யலாம்.

11. சோதனையின் விவரங்கள் ஒன்றுக்கொன்று தொடர்புள்ள வையாயின், அவற்றை வரைபடங்கள் வரைந்து விளக்குமாறு மாணவரை ஊக்குவித்தல் வேண்டும்.

12. சோதனைகளில் வரும் அளவீடுகளை எடுக்கும்போது எங்கு கவனமாக இருக்க வேண்டும் என்பதை அறிவுறுத்த வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, 'கலவை முறையில் பொருள் களின் சுய வெப்பத்தைக் காணும் சோதனை'யில் கலோரி மீட்டரில் நீரை முக்கால் பாகம் நிரப்பி வெகுநேரம் கவன மாக எடை கண்டு, பின்னர் நீரின் தொடக்க வெப்ப நிலை யையும், வெப்பப்படுத்தப்பட்ட பொருளை நீரில் போட்ட வுடன் அடையும் வெப்ப உயர்வையும் துல்லியமாகக் கவனத் துடன் காணுவிடில், சோதனை முடிவு மிகுந்த அளவு பாதிக்கப் படும். இச் சோதனையில் 250 C.C. நீரை எடுத்துக் கொண்டு 250 கிராம் என்றுகூடக் கொள்ளலாம். ஆனால், வெப்ப நிலை யைக் காண அதற்கென அமைந்த துல்லியமான தெர்மாமீட் டரை உபயோகித்தல் வேண்டும். அதே போன்று முடிவுகளைக் காணும்போது, கணக்குகளில் எத்தனை தசம ஸ்தானம் வரை முக்கியம் (Significant figure) என்பதும் மாணவர்கள் அறிதல் வேண்டும்.

13. இரசாயனச் சோதனைகளில் விரைவிலேயே இரசாயனப் பொருள்கள் வினைபுரிய வேண்டும் என்னும்ஆர்வத்தில் அதிக மான இரசாயனப் பொருள்களை மாணவர் வீணடிப்பதைத் தவிர்த்தல் வேண்டும். மிகக் குறைந்த அளவிலேயே இரசா யனப் பொருள்கள் வினைபுரியும் ஆற்றல் கொண்டவை. இரசாயனப் பொருள்களின் விலைப்பட்டியலை. ஆசிரியரும்

மாணவரும் அறிந்து தேவைக்கேற்பப் பயன்படுத்துதல் நல்லது. பொதுவாக, சில வாயுக்களைத் தயாரிக்க எவ்வளவு இரசாயனப் பொருள்கள் தேவை என்பதைப் பட்டியலிட்டுப் பின்னிணைப்பில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

கல்வி கற்பித்தலில் ஆய்வக முறை சிறப்புற மாணவர் ஒவ்வொருவரும் தனித்தனியே சோதனை செய்து கற்க வேண்டும். அவ்வாறாயின், வகுப்பிலுள்ள எல்லா மாணவரும் ஒரே நேரத்தில் குறிப்பிட்ட சோதனையைச் செய்துகொண்டிருப்பார்கள். இம் முறையில் சோதனை அமைப்பதற்கு 'ஒரு சீர்முன்னணித் திட்டம்' (Evenfront System) என்று பெயர். சில நேரங்களில் ஆசிரியர் பாடப்பொருளைக் கற்பித்துவிட்டு, உடனேயே தொடர்ந்து அச் சோதனையையும் செய்யும்போது மாணவருக்கு எளிதில் மனதில் பதிகின்றது. ஆசிரியருக்கும் மேற்பார்வையிடுவதோ அல்லது கருவிகளை அமைப்பதோ எளிது. ஏதாவது குறைகள் ஏற்படுமாயினும், உடனே அனைவருக்கும் பொதுவாக அக் குறையை எங்ஙனம் களைதல் வேண்டும் என அறிவுறுத்த இயலும். ஆனால், இம் முறையைப் பின்பற்றுவதாயின், ஆய்வகத்தில் போதிய ஒரே மாதிரியான கருவிகள் பல எண்ணிக்கையில் தேவைப்படுகின்றன; பொருள்செலவு மிகுதி ஆகும். எனவே, இதைத் தவிர்க்கும் பொருட்டு, ஆய்வகத்தில் ஒவ்வொரு சோதனைக்கும் தேவையான கருவிகளை நான்கு அல்லது ஐந்து எண்ணிக்கையில் வாங்கி வைத்திருந்தாலும், ஆய்வக முறையைப் பின்கண்ட முறையில் கையாளலாம்.

ஒரே நேரத்தில் எல்லா மாணவர்களும் ஒரே சோதனைக்குப் பதிலாக, பாடப் பகுதிகளில் அமைந்த வெவ்வேறு சோதனைகளைக் குழுகுழுவாகப் பிரிக்கப்பட்ட மாணவர்கள் செய்து முடிப்பர். வகுப்பில் 40 மாணவர்கள் இருப்பின், 10 சோதனைகளை அமைத்து, ஒவ்வொரு சோதனைக்கும் இரண்டு அல்லது நான்கு தனித்தனி கருவிகளை அமைத்து, மாணவர் இருவர் இருவராகவோ அல்லது தனித்தனியாகவோ சோதனைகளைச் செய்ய அனுமதிக்கப்படுவர். ஒரு சோதனையை முடித்த பின்னர், அடுத்த சோதனைக்குச் செல்லவேண்டும். இம் முறைக்குக் 'குழு சுழற்சித் திட்டம்' (Group Rotation System) என்று பெயர். இம் முறையில் 'பாடப் பகுதிகளை முடித்த பின்னர்ச் சோதனை' என்பதற்கு இடம் இல்லை. சில மாணவர்கள் முன்கூட்டியே சோதனையைச் செய்து முடித்த பின்னர்தான் பாடப்பொருளைப்பற்றிப் படிக்க நேரிடும். இம் முறையைப் பின்பற்ற வேண்டுமாயின், ஆய்வகச் சோதனை குறிப்பேடாவது, அல்லது ஆசிரியரே தயாரித்த குறிப்புகள்

அடங்கிய அட்டையாவது (Instruction Card) அவசியம் தேவை. இவ் வகைத் திட்டத்தில் மாணவர்கள் வெவ்வேறு சோதனைகளைச் செய்வதால், ஆசிரியர் மேற்பார்வை செய்வது கடினமாகும். மாணவர்கள் அனைவருக்கும் சேர்ந்தாற்போல் குறிப்புகள். அறிவுரைகள் சொல்ல முடியாது. மாணவர்கள் சந்திக்கின்ற இன்னல்களும், இடர்ப்பாடுகளும் வெவ்வேறு வகையின. வெவ்வேறு சோதனைகளை அமைப்பதால், தேவையான கருவிகளைச் சேகரித்து ஆயத்தம் செய்தலும் கடினம். எனினும், பொருள் சிக்கனம் கருதியே இம் முறையைப் பின்பற்றுகின்றோம்.

ஆசிரியர் மேற்பார்வை

இரு திட்டங்களையும் செயற்படுத்தும்போது, மாணவரைத் தனித்தனியாகவோ அல்லது இரண்டு மூன்று பேராக இணைந்து செய்யும்படியாகவோ அமைக்கலாம். ஒவ்வொருவரும் தனித்தனியாகச் சோதனை செய்யும்போதுதான், சிறந்த பயிற்சி ஏற்படுகின்றது என்பது மறுக்க இயலாத ஒன்று. எனினும், சிக்கனம் கருதி இரண்டு மூன்று பேரை ஒரு சோதனைக்கு என்று திட்டமிடும்போது சாதாரணமாக நன்ருகப் பயிலும் மாணவன் மற்றவரை ஒதுக்கித் தள்ளிவிட்டுத் தானே கருவிகளைக் கையாள வழியேற்படும். மற்ற இருவரும் எவ்விதச் செயலிலும் ஈடுபடாது ஒதுங்கிச் சென்று சோதனைக் குறிப்புகளைப் பார்த்து எழுதிக்கொள்ளலாம். எனினும், சிறந்த மேற்பார்வையில் இக் குறைகள் பெரிதும் நீக்கப் பெற வேண்டும். ஆய்வக முறையில் மாணவருக்கே முழுப்பங்கு என்றிருத்தல் வேண்டும். சோதனைகளின் நோக்கங்களையும், செய்முறைகளையும் விளக்கிய பின்பு குழுகுழுவாகச் சென்று மாணவர்கள் சோதனை செய்வதையும், கண்டறியும் முறையினையும் மேற்பார்வையிட்டு, மாணவர்களின் ஐயத்தைப் போக்கியும், தவருன முறையைத் திருத்தியும் சோதனை முறையில் ஊக்குவித்தல் வேண்டும். சோதனையின் ஊடே அடிக்கடி அறிவிப்புகள் கொடுத்து மாணவரது கவனத்தையும் சிந்தனையையும் சிதறடித்தல் கூடாது. விரைவில் முடித்த மாணவர்களைச் சோதனையின் தொடர்பான கூடுதல் பயிற்சிகளைச் செய்யச் சொல்லி ஆர்வமூட்டலாம்.

சில நேரங்களில் சில சோதனையின் முடிவுகள் புதிய பிரச்சினைகளுக்கு வழிகோலுவதாய் அமையும். உதாரணமாக, மணற்பாங்கான நிலத்திலும், களிமண் நிலத்திலும் தண்ணீர் எப்படி சிதறுகிறது (Percolates) என்று அறிந்த மாணவனுக்கு மற்ற விதமான நிலப்பகுதிகளிலும் எவ்வாறு அமைகின்றது என்று கண்டறிய எண்ணலாம். இதனைத் தொடர்ந்து இவ் வகையான

முடிவு முற்றிலும் தெரியாத சோதனைகளைச் செய்ய முற்படலாம். இவ் வகைச் சோதனைகளை 'முடிவு கணிக்காத சோதனைகள்' (Open-Ended Experiments) என்று சொல்வதுண்டு. இதனால் மாணவரது சிந்திக்கும் ஆற்றல் வளர்கின்றது. பொதுவாக, ஒரு முடிவு கண்ட பின், அது போன்ற வேறு தொடர்பான பிரச்சினைகளில் முடிவு எவ்விதம் அமையும் என்பதைச் சேகரித்த தகவல்களிலிருந்து ஊகித்தறியச் செய்வதால் மாணவரது சிந்தனை தூண்டப் பெறுகின்றது.

இம் முறையைப் பின்பற்றுவதற்குரிய வரம்புகள்

ஆய்வக முறையே அறிவியல் கற்பிப்பதற்குச் சிறந்த முறை. எனினும், இம் முறையை இன்றுள்ள பள்ளிகளில் பயன்படுத்த இயலாத நெருக்கடிகள் ஏற்படுவதுண்டு. ஆய்வக வேலை சிறந்து அமைய வேண்டுமெனில், போதிய இடவசதியமைந்த ஆய்வகமும், தேவையான கருவிகளும், மேற்பார்வையிடத் தேவையான ஆசிரியர்களும், போதிய நேரமும் தேவை. வகுப்பறையில் இருப்பதைப் போலல்லாது ஒவ்வொரு மாணவருக்கும் ஆய்வகத்தில் இருக்கை வசதிகள் அடைத்துள்ள இடத்தை நீக்கிக் குறைந்தது 15 சதுர அடி இடம் வேண்டும். ஆகவே, பெரிய ஆய்வகத்தில் 24 மாணவர்களே வேலை செய்ய நேரிடும். கருவிகளை மாணவரே கையாள வேண்டியுள்ளதால், ஒரே மாதிரியான போதிய கருவிகள் இருத்தல் வேண்டும். மாணவர்கள் கட்டுப்பாட்டுடன் சோதனை செய்யவும், அவர்களுக்குத் தனித்தனியாக ஏற்படும் பிரச்சினைகளைச் சமாளிக்கவும் சராசரி 20 மாணவருக்கு ஓர் ஆசிரியர் வீதம் மேற்பார்வைக்குத் தேவைப்படும். மற்ற முறைகளைவிட இதில் கால தாமதம் ஏற்படுவதால், தேவையான சோதனைகளை மட்டுமே இம் முறையில் கையாள முடியும். மேலும், விலையுயர்ந்த கருவிகளைப் பயன்படுத்திச் செய்யப்படும் சோதனைகளையும் ஆபத்து விளைவிக்கும் இம் முறையில் பயன்படுத்த இயலாது.

மாணவருக்குதவும் ஆய்வகக் குறிப்பேடுகள் (Laboratory Manuals)

சோதனைகள் செய்வதற்கு முன் மாணவருக்கு உதவும் வகையில் ஆசிரியர் சோதனைக் குறிப்புகள் தயாரித்துக் கொடுத்தல் வேண்டும். சாதாரணமாக, கல்லூரிகளில் அச்சடிக்கப்பட்ட ஆய்வகச் செய்முறைக் குறிப்புப் புத்தகம் (Laboratory Manual) வைத்திருப்பது வழக்கம். மாணவர்கள் சோதனைச் சாலைக்கு வருமுன்னரே இக் குறிப்புகளைப் படித்துக்கொண்டு வருவர். சோதனைகளைச் செய்யும்போது, ஆசிரியரின் அறிவுரைகளைப் பெற்றுக்கொள்ளலாம். ஆனால், உயர்நிலைப்பள்ளிகளுக்கு

அச்சடிக்கப்பட்ட இவ் வகைக் குறிப்பேடுகள் இல்லை. இக் குறிப்பேடுகள் பெரும்பாலும் சோதனையின் எல்லா விவரங்களையும் கொடுத்து மாணவரது தனித்தன்மையையோ சிந்திக்கும் ஆற்றலையோ வளர்க்காமல் தடைப்படுத்துகின்றன. சோதனையின் நோக்கத்தையும், என்ன முடிவு காண வேண்டுமென்பதையும், செய்முறை விளக்கங்களைச் சிறிதும் விடாமல், முழுவதையும் சொல்லி, எவ்வாறு சோதனைக் குறிப்புகள் எழுதித் தயாரிப்பது என்பதையும், அட்டவணை போட்டுச் சேகரித்த தகவல்களிலிருந்து எவ்வாறு கணக்கிடுவது என்பதையும், சரியான முடிவு என்ன என்பதையும் திட்டவட்டமாக விளக்கிவிடுகின்றன. ஆகவே, இன்றுள்ள சோதனை செய்முறைக் குறிப்பேடுகள் முற்றிலும் சமையற்கலைப் புத்தகத்தை (Cook Book) ஒத்துள்ளன என்றால் மிகையாகாது. இருப்பினும், புதிதாகப் பணியேற்கின்ற ஆசிரியருக்கும், சில சோதனைகளை ஆசிரியரது துணையின்றித் தாமே செய்ய எண்ணும் மாணவருக்கும் இக் குறிப்புப் புத்தகம் துணையாய் அமையும். ஆனால், எந் நாளும் இவ் வகை ஏடுகள் அறிவியல் பாடத்தை அடிமைப்படுத்தல் கூடாது. இப் புத்தகங்களில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள விவரங்கள் பெரும்பாலும் கிடைக்கின்ற கருவியை அடிப்படையாக வைத்து விவரித்திருக்கலாம். ஆனால், அதே சோதனையைப் பிறிதொரு முறையில் பள்ளியில் கிடைக்கும் வேறொரு கருவியை அமைத்துச் செய்ய முற்படும்போது, இக் குறிப்புகள் தேவையற்றுப் போகின்றன. மேலும், இக் குறிப்புகள் பொதுவாகப் பல மாணவர்களுக்கும் எழுதப் பெறுவதால், அந்தந்தப் பள்ளி மாணவர்களின் வளர்ச்சித்திறனை அடிப்படையாகக் கொண்டிராது. எனவே, இம் மாதிரி அச்சடிக்கப்பட்ட சோதனை செய்முறைக் குறிப்புகளுக்குப் பதிலாக, ஆசிரியரே தம் வகுப்பு மாணவர்களின் அறிவுத்திறனையும், பள்ளியில் அமைந்த கருவியை அடிப்படையாகக் கொண்டும் சோதனை செய்முறைக் குறிப்புகள் (Instruction Cards) வேண்டுமளவுக்குக் கூட்டியோ அல்லது குறைத்தோ தயாரிக்கலாம். இவ்வாறு தயாரிக்கும் குறிப்புகளைத் தனித்தனியாக அட்டைகளில் எழுதிச் சேகரித்து வைக்கலாம். இக் குறிப்பேடுகளைப் படித்துக்கொண்டு, மாணவர்கள் சோதனை செய்ய முற்படுவர். கூடியவரையில் இக் குறிப்பேடுகளில் மாணவருக்குத் தேவையான குறிப்புகளைக் குறைந்த அளவில் மட்டுமே கொடுத்து, அவர்களது சிந்தனை ஆற்றலை வளர்க்கச் செய்தல்வேண்டும். தற்பொழுது புழக்கத்தில் இருக்கும் சில இரசாயனச் சோதனைகளில் மாணவர்கள் செய்ய வேண்டிய சோதனை என்ன என்றும், உற்றுக் கவனித்து அறிய வேண்டியவை எவை என்றும், கவனித்த குறிப்புகளிலிருந்து உணர்ந்த முடிவுகள் (Inference) யாவை என்பதையும் கொண்டு

அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இவ் வகையான சோதனை செய்முறைக் குறிப்பேடுகளால் எங்ஙனம் மாணவரது சிந்தனை ஆற்றல் மலரும் என்பதைக் கவனித்தல் வேண்டும். அறிவியல் அறிஞர் மாக்ஸ் பிளாங்கை (Max Planck) ஆய்வகச் செய்முறைக் குறிப்பேடு எவ் வகையில் அமைதல் வேண்டும் என்று வினவியபோது, அவர் அளித்த பதில் '100 பக்கத்தில் அமைந்த ஏதும் எழுதப்படாத வெற்று நோட்டுப்புத்தகமே சிறந்த ஆய்வகக் குறிப்பேடு' (A Book of 100 Blank Pages) என்று கூறினாராம். எனவே, ஆய்வகக் குறிப்பேடுகள் மிகக் குறைந்த அளவிலேயே விளக்கங்களைக் கொண்டிருத்தல் வேண்டும் என்பது தெளிவாகின்றது. உதாரணமாக, ஓர் ஆய்வகக் குறிப்பேட்டில் கீழ்க்கண்டவை இடம் பெறுதல் வேண்டும்.

1. சோதனையின் நோக்கம் தெளிவாக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்.
2. சோதனைச் செய்முறைக் குறிப்புகள் தேவையான அளவு இருத்தல் வேண்டும்.
3. முன்னெச்சரிக்கைகள் ஏதும் இருப்பின் கொடுக்கப்பட வேண்டும்.
4. தகவல்கள் சேகரிக்கும் முறையும் அட்டவணைப்படுத்தும் முறையும் குறிப்பிடப்பட வேண்டும்.
5. சேகரித்த தகவல்களிலிருந்து சிந்தித்து முடிவு அறியத் துணை செய்யும் வினக்கள் கொடுக்கப்படலாம்.

சில மாதிரி சோதனை செய்முறைக் குறிப்பேடுகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

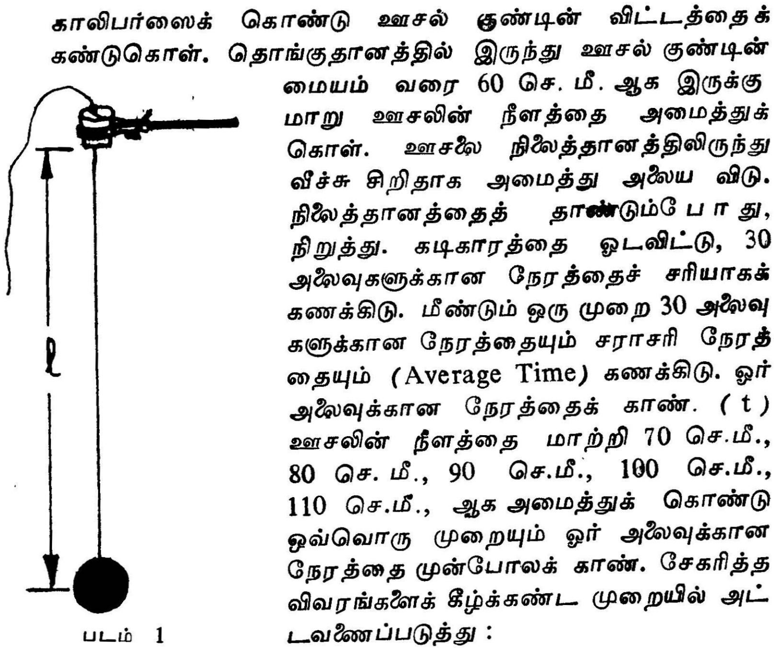
தனி ஊசல்

மாதிரி 1

நோக்கம் : தனி ஊசலைக் கொண்டு ஓரிடத்தின் புவிஈர்ப்பு வேக வளர்ச்சியினைக் காணுதல்.

தேவையான கருவிகள் ; தனி ஊசல், தாங்கி, மீட்டர் அளவு கோல், நிறுத்து கடிகாரம், வெர்னியர் காலிபர்ஸ், பிளவு பட்ட கார்க்.

செய்முறை : தனி ஊசல் ஒன்றினை முறுக்கற்ற நூலில் கட்டிப் பிளவுபட்ட கார்க்கினிடையே செல்லுமாறு அமைத்துத் தாங்கியில் படத்தில் காட்டியவாறு பொருத்து. வெர்னியர்



படம் 1

காலிபர்ஸைக் கொண்டு ஊசல் குண்டின் விட்டத்தைக் கண்டுகொள். தொங்குதானத்தில் இருந்து ஊசல் குண்டின் மையம் வரை 60 செ. மீ. ஆக இருக்குமாறு ஊசலின் நீளத்தை அமைத்துக் கொள். ஊசலை நிலைத்தானத்திலிருந்து வீச்சு சிறிதாக அமைத்து அலைய விடு. நிலைத்தானத்தைத் தாண்டும்போது, நிறுத்து. கடிகாரத்தை ஓடவிட்டு, 30 அலைவுகளுக்கான நேரத்தைச் சரியாகக் கணக்கிடு. மீண்டும் ஒரு முறை 30 அலைவுகளுக்கான நேரத்தையும் சராசரி நேரத்தையும் (Average Time) கணக்கிடு. ஓர் அலைவுக்கான நேரத்தைக் காண். (t) ஊசலின் நீளத்தை மாற்றி 70 செ.மீ., 80 செ. மீ., 90 செ.மீ., 100 செ.மீ., 110 செ.மீ., ஆக அமைத்துக் கொண்டு ஒவ்வொரு முறையும் ஓர் அலைவுக்கான நேரத்தை முன்போலக் காண். சேகரித்த விவரங்களைக் கீழ்க்கண்ட முறையில் அட்டவணைப்படுத்து :

சோதனை எண்	ஊசலின் நீளம் ‘1’	30 அலைவுகளுக்கான நேரம் 1	விநாடி 2	சராசரி 3	ஓர் அலைவுக்கான நேரம் ‘t’ விநாடி	t^2	$1/t^2$
1.	60 செ.மீ.						
2.	70 செ.மீ.						
3.	80 செ.மீ.						
4.	90 செ.மீ.						
5.	100 செ.மீ.						
6.	110 செ.மீ.						

முடிவு : கீழ்க்கண்ட வினாக்களுக்கு விடையளிக்க :

(1) அட்டவணையில் கண்ட விவரங்களின்படி நீளத்திற்கும் அலைவு நேரத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு என்ன?

(2) அட்டவணையின் கடைசிப் பத்தியில் $1/t^2$ ன் மதிப்பு எவ்வாறுள்ளது?

(3) ஊசலின் நீளத்திற்கும் (l), அலைவு நேர வர்க்கத்திற்கும் (t^2) வரைபடம் ஒன்று வரைக. வரைபடத்தின் வடிவம் என்ன?

(4) 75 செ.மீ. நீளமுள்ள தனி ஊசலின் அலைவுநேரத்தை வரை படம்மூலம் காண். சோதனைமூலம் கிடைத்த மதிப்பை ஒப்பிட்டுப் பார்.

(5) விநாடி ஊசலின் அலைவு நேரம் 2 விநாடி ஆனால், வரைபடம் மூலம் ஊசலின் நீளத்தைக் கணக்கிடு. கிடைத்த நீளத்தை அமைத்துச் சோதனைமூலம் சரி பார்.

(6) ஊசலின் அலைவு நேரம் $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ஆனால், இவ்விடத்தின் புவிஈர்ப்பு வேக வளர்ச்சியை அட்டவணைப்படுத்திய தகவல் களிலிருந்து எவ்விதம் காண்பாய்?

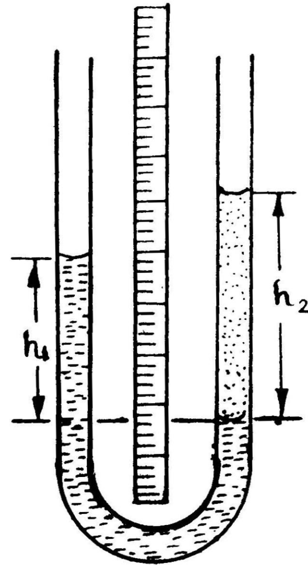
அடர்த்தி எண் காணல்

மாதிரி 2

நோக்கம் : 'U' வடிவக் குழாயைக் கொண்டு கொடுக்கப் பட்ட திரவத்தின் அடர்த்தி எண்ணைக் காணுதல்.

தேவையான கருவிகள் : 'U' வடிவக்குழாய், நீர், திரவம் புனல், அரை மீட்டர் ஸ்கேல்.

செய்முறை : 'U' வடிவக்குழாயின் ஒரு புயம் வழியே புனலை வைத்து இரு புயங்களிலும் ஏறி நிற்குமாறு நீரை ஊற்று. மற்றொருபுயத்தின்வழியேபுனலின் வழியே கொடுக்கப்பட்டுள்ள திரவத்தைச் சிறிது ஊற்று. நீர் மட்டத்தை மற்றொரு புயத்தில் சிறிது உயரே தள்ளி திரவங்கள் இரண்டும் சமநிலைப்பட்டு நிற் கும். இப்போது பொதுமட்டத் தைக் குறித்துக் கொண்டு, அம் மட்டத்திற்குமேல் நீர்க்கம்பம் உயரத்தையும்(h_1) திரவக்கம்ப உயரத்தையும் (h_2) அளந்து காண். அளவீடுகளை அட்ட வணையில் குறி. திரவத்தின் அடர்த்தி எண் $d_2 = h_1/h_2$



படம் 2.

திரவங்களின் மட்டங்களை மாற்றி அமைத்து அளவீடுகளை அட்டவணைப்படுகிறது.

சோதனை எண்	பொது மட்டம் செ. மீ.	நீர்க்கம்ப மட்டம் செ. மீ.	திரவக் கம்ப மட்டம் செ.மீ.	நீர்க்கம்ப உயரம் செ.மீ. h_1	திரவக்கம்ப உயரம் செ. மீ. h_2	தி. அடர்த்தி எண் h_1/h_2
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

முடிவு :

1. திரவத்தின் அடர்த்தி எண் காணும் கடைசிப் பத்தியில் மதிப்புகள் எவ்வாறு உள்ளன?

2. 'U' குழாயின் இருபுயங்களின் குறுக்கு வெட்டும் மாறியிருந்தால், அப்போது சோதனையின் முடிவுகள் எவ்வாறு பாதிக்கப்படும் ?

3. ஒன்றோடொன்று கலக்கும் திரவமாயின் எவ்வாறு அடர்த்தி எண்ணை 'U' குழாயைக் கொண்டு காண்பாய் ? திரவங்கள் கலக்காத பாதரசத்தை உபயோகித்து, ஒன்றோடொன்று கலக்கும் திரவங்களை இருபுயங்களிலும் பிரித்து மேற்கண்ட முறையில் அடர்த்தி எண்ணைக் கண்டுபிடி.

நடுநிலையாக்கல் (Neutralisation)

மாதிரி 3

நோக்கம் : குறிப்பிட்ட கன அளவு காரத்தைச் சரியாகத் தேவையான அளவு அமிலத்தால் நடுநிலைப்படுத்தி உப்பைப் பெறுதல்.

தேவையான கருவிகள் : பியூரெட், பிப்பெட், குடுவை, முகவை, தாங்கி, பீங்கான், கிண்ணம், மணல் தட்டு, சாராய விளக்கு, நீர்த்த HCl அமிலம், NaOH-கரைசல், காட்டி (பினுப்தலின்): நீல லிட்மஸ், சிவப்பு லிட்மஸ் காகிதங்கள்.

செய்முறை 1. சுத்தமான குடுவை ஒன்றில் ஒரு பிப்பெட்டின் உதவியால் சரியாக 20ml NaOH-கரைசலை எடுத்துக்கொள்.

அதில் ஓரிரு துளி பினுப்தலினைச் சேர். ஏற்படும் நிறத்தைக் கவனி.

2. பியூரெட்டின் உட்பாகத்தைக் கொடுக்கப்பட்ட அமிலத்தால் கழுவிய பின் அதை நேராகத் தாங்கியில் பொருத்து. மேல்பாகம் வரை அமிலத்தை எடுத்துக்கொண்டு, அதன் மட்டத்தைக் கண்டு குறித்துக்கொள்.

3. பினுப்தலின் சேர்க்கப்பட்ட NaOH-கரைசல் உள்ள குடுவையைப் பியூரெட்டின் அடியில் வைத்து அதனுள் சிறிது சிறிதாக அமிலத்தைத் திறந்துவிட்டு, குடுவையைக் கலக்கிக் கொண்டேயிரு. ஒவ்வொரு முறையும் கரைசலில் ஏற்படும் நிறமாற்றத்தைக் கவனி.

4. ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு அமிலம் காரத்துடன் சேர்ந்ததும் கரைசல் திடீரென முழு நிறமாற்றம் அடைவதைக் கவனி. பியூரெட்டில் உள்ள அமில மட்டத்தைக் குறித்துக்கொள். முதல் மட்டத்திற்கும் இப்போதைய மட்டத்திற்கும் உள்ள வித்தியாசத்தைக் கொண்டு தேவைப்பட்ட அமிலத்தின் கன அளவைக் கணக்கிடு.

5. குடுவையிலுள்ள கரைசலில் ஒரு சிவப்பு லிட்மஸ் காகிதத்தையும், நீல லிட்மஸ் காகிதத்தையும் நனைத்து, அதன் மூலம் அமிலத்தன்மை அல்லது காரத்தன்மை இருக்கிறதா என்று பார்.

6. சிறிதளவு கரைசலை ஒரு பீங்கான் கிண்ணத்தில் எடு. அதனை ஒரு தாங்கியில் வைத்து ஒரு சாராய விளக்கின் உதவியால் நன்ருகச் சூடேற்றி நீர் முழுவதையும் ஆவியாக்கு. பீங்கான் கிண்ணத்தில் ஏதேனும் பொருள் எஞ்சியுள்ளதா எனக் கவனி.

ஆய்வகப் பதிவேடுகள் (Laboratory Record Note Books)

சோதனைகள் செய்யும்போது, உற்றுநோக்கிக் கண்டவற்றையும், சேகரித்த தகவல்களையும், அவற்றைக் கொண்டு அறிந்த முடிவுகளையும் குறித்துக் குறிப்பேடுகள் தயாரித்தல் இன்றியமையாததாகும். பொதுவாக, மாணவர்கள் இரண்டு குறிப்பேடுகள் வைக்குமாறு அறிவுறுத்தப்படுகின்றனர். ஆய்வகத்தில் சோதனைகள் செய்து கொண்டிருக்கும்போதே தகவல்களை உற்றுநோக்கி அறிந்து குறித்துக்கொள்ள உதவும் ஏடு (Observation Record) ஒன்றும், பின்னர் இக் குறிப்புகளைத் திரட்டிய முறையையும் விளக்கங்களையும் தெளிவாக எழுதுவதற்கு மற்ருெரு (Fair

Record) பதிவேட்டினையும் வைப்பதுண்டு. ஆனால், இது போன்று இரண்டு ஏடுகள் வைப்பதில் நன்மைகளும் தீமைகளும், உண்டு. இரண்டு ஏடுகள் வைப்பதால் ஏற்படும் கையெழுத்து தெளிவின்மையைப் போக்கவும், நீண்ட விளக்கங்களை வகுப்பிலேயே எழுதுவதைத் தவிர்த்துச் சோதனைகள் செய்வதற்கு அதிக காலத்தைக் கொடுப்பதற்கும் வாய்ப்பு ஏற்படுகின்றது. இதன் காரணமாகப் பின் எழுதப்படும் ஏடு பிழையின்றித் தெளிவாகவும், அழகாகவும் அமைகின்றது. மேலும், சோதனைக் குறிப்புகளை இருமுறை எழுதுவதால் நன்கு மனதில் பதிகின்றது. ஆனால், இரண்டு ஏடுகள் உள்ளதால், பெரும்பாலும் மாணவர்கள் வகுப்பறையில் உபயோகிக்கும் குறிப்பேட்டைச் சுத்தமாக வைக்காமலும், சோதனைக் குறிப்புகளை உற்றுநோக்கிக் கவனத்துடன் குறிக்காமல் பிழைகள் அதிக அளவில் ஏற்படுத்தியும், பல நேரங்களில் சோதனையின் முடிவினை எதிர்பார்க்கும் வகையில் அமைப்பதற்கு வகுப்பில் குறித்த சோதனைக் குறிப்புகளைத் தேவையான அளவுக்கு மாற்றியும் அமைப்பதால் சோதனையின் முடிவுகளும், விவரங்களும் நேர்மையான (Honest Reporting) அளவில் அமைவதில்லை. ஆகவே, மாணவர்களுக்குச் சிறு வகுப்புகளிலிருந்து சேகரித்த விவரங்களை நேர்மைத்திறத்துடன் அறிவிப்பதற்கும், குறிப்பேடுகளைச் சுத்தமாக வைத்துக்கொள்வதற்கும் ஒரே ஒரு பதிவேடு (Fair Record) வைப்பதே சாலச்சிறந்தது. சோதனையின் குறிப்புகள் வகுப்பறையிலேயே குறிக்கப் பெறல் வேண்டும். இம் முறையைக் கையாளுவதால், மாணவர்கள் சோதனை செய்யும்போது, ஒவ்வோர் அளவீட்டையும் நன்முக உற்று நோக்கிப் பின்னர் குறிக்க இயலும். ஒரே ஒரு பதிவேடு வைப்பதால், அதையும் ஆய்வகத்திலேயே எழுதி வருவதால் காலவிரயம் ஏற்படுவதாகச் சிலர் கருதலாம்.

பொதுவாகப் பல அறிவியல் ஆசிரியர்கள் கீழ்க்கண்ட ஒரே முறைப்படி மாணவர்களைப் பதிவேடுகள் எழுதும்படித் தூண்டி அறிவியலுக்குத் தீங்கு செய்தவர்கள் ஆகின்றனர்கள்; சோதனையின் நோக்கம், தேவையான கருவிகள், செய்முறைக் குறிப்புகள், உற்றுநோக்கி அறிந்தவை, முடிவுகள் என்ற பல படிகளையும் கையாண்டு எழுதச் செய்கின்றனர்கள்.

எளிய சோதனைகளுக்கு எளிய முறையிலேயே சோதனைக் குறிப்பேடுகள் அமைதல் வேண்டும். கண்டறிந்து சேகரித்த குறிப்புகளை முறையாக அட்டவணைப்படுத்தி அதனடிப்படையில் முடிவினைக் கண்டாலே போதுமானது; அதிகமாக எழுதவேண்டிய அவசியம் இல்லை. விளக்கமாக எழுதுவதற்குப் பதிலாக எங்கெல்

லாம் படங்களின்மூலம் நன்ருகக் கருத்துகளை விளக்க முடியுமோ; அங்கெல்லாம் படங்கள் மூலமாகவும். அட்டவணை மூலமாகவும், வரைபடங்கள் (Graphs) மூலமாகவும் வெளியிடுவதுதான் சிறந்த முறை. விளக்கங்கள் தேவையாயின், பாடப்புத்தகத்தில் சிறந்த விளக்கம் இருக்குமாயின், அவ் விளக்கம் உள்ள பக்கத்தைக் குறித்துப் பாடப்புத்தகத்தினைப் பார்க்கும்படி எழுதிவிட்டால் போதுமானது. படங்கள் போடும்போதும், கூடியவரைக் கடினமானப் படங்களை எளிய முறையில் போடப் பழகிக் கொள்ள வேண்டும். சோதனைக் கருவியின் பொதுவான அமைப்பைத் தெரிந்து கொண்டால், எங்கெல்லாம் நெடுக்குக் கோடுகள் வருகின்றனவோ அவற்றையெல்லாம் ஸ்கேலினுல் வரிசையாகப் போட்டுக்கொள்ள வேண்டும். அதே போன்று குறுக்குக் கோடுகளையும் வரிசையாகப் போட்டுக்கொண்டு படத்தை எளிதில் பூர்த்தி செய்யலாம். எந்தச் சோதனைகளைப் படங்கள் மூலமாகவும் தெளிவாக விளக்க இயலாதோ அவற்றை மட்டும் உரிய விளக்கங்களோடு எழுதலாம்.

சாதாரணமாகப் பதிவேட்டினில் செய்முறையை எழுதும்போது நான்கு முறைகளில் எழுதலாம்.

1. 'நான் ஒரு பளபளப்பான கலோரிமீட்டர் எடுத்துக் கொண்டேன்' என்று தன்மை முறையிலும்,
2. 'ஒரு பளபளப்பான கலோரிமீட்டர் எடுத்துக்கொள்ளப் பட்டது' என்று செயற்பாட்டு வினையிலும்,
3. 'பளபளப்பான கலோரிமீட்டர் ஒன்றினை எடுத்துக்கொள்' என்று கட்டளை முறையிலும்,
4. 'நாங்கள் கலோரிமீட்டரை எடுத்துக்கொண்டோம்' என்றும் எழுதலாம். இவற்றில் இரண்டாவது முறைதான் சிறந்ததாகும். எனினும், முதல்முறை சிறுவர்களுக்கு ஏற்றது. மூன்ருவது முறை படிப்பவருக்கு ஆணையிடுவது போல உள்ளதால், இது முற்றிலும் பொருந்தாது.

ஒரு சிறந்த சோதனை அறிக்கை (Report) கீழ்க்கண்ட கருத்துகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு அமைதல் வேண்டும்

1. சேகரித்த விவரங்களைச் சுலபமாகப் புரிந்துகொள்ளும் வகையில் அமைக்கப்பட வேண்டும். விவரங்களை ஒழுங்கு படுத்தி அட்டவணை முறையில் அமைக்கலாம்.
2. கொடுத்துள்ள அளவீடுகள் அனைத்தும் உரிய அலகுகளோடு (Units) இருத்தல் வேண்டும்.

3. எல்லா விளக்கப்படங்களும் தெளிவாகப் பெரிய அளவில் பாகங்கள் குறிக்கப்பட்டு இருத்தல் வேண்டும்.

4. வரைபடங்களைத் தேவைப்படும் இடங்களில் அமைத்தல் வேண்டும்.

5. சேகரித்த விவரங்களின் அடிப்படையில் எடுத்துக்கொண்ட பிரச்சினைக்குரிய சரியான முடிவுகளாக அமைதல் வேண்டும். இவ் வகையான சோதனை பற்றிய விளக்கத்தை முக்கியமாக இரண்டு கோட்பாடுகளின் அடிப்படையில் மதிப்பிடலாம்:

1. எழுதப்பட்டுள்ள சோதனைக் குறிப்புகளைக் கொண்டு, சோதனை செய்தவர் என்ன செய்ய திட்டமிட்டார், எவ்வாறு சோதனையைச் செய்து முடித்தார், என்ன முடிவுகளைப் பெற்றார் என்ற தெளிவான விவரங்களைப் படித்து மதிப்பிடுபவர் அறிய வேண்டும்.

2. கொடுக்கப்பட்டுள்ள குறிப்புகளைக் கொண்டு, மறுபடியும் வேறு ஒருவர் இச் சோதனையைத் தவறின்றிச் செய்து முடிக்க இயலுமா என்றும் அறிய வேண்டும்.

செயல் திட்டமுறை (Project Method)

இம் முறையில் பாடத் திட்டத்தில் ஏதேனும் ஓர் அலகைக் (Unit) கற்பிக்க ஒரு செயலை அடிப்படையாகக் கொண்டு வகுப்பிலோ அல்லது வெளியிலோ செய்துமுடித்து எல்லாச் செய்திகளையும் அறிந்து கொள்வதேயாகும். இச் செயலைச் செய்துமுடிக்க மாணவர்கள் ஒன்றுகூடி ஒத்துழைத்துச் செயல்படுவர். பாடத் திட்டமும், பாடப் பொருளும், கற்பிக்கும் முறையும் மாணவர்களை மையமாக வைத்து, அவர்களையே சிந்திக்கத் தூண்டுவதாகவும், 'செய்து கற்றல்' (Learning by doing) என்ற கொள்கையைச் சார்ந்ததாகவும் இம் முறை அமைகிறது.

செயல்திட்டம் என்றால் என்ன ?

'செயல்திட்டம்' (Project) என்ற சொல் பெரும்பாலும் பொறிஇயல் துறையிலேயே பன்னெடுங்காலமாகப் பயன்படுத்தப்பட்ட சொல்லாகும். இதை முதன்முதல் கல்வித்துறையில் பயன்படுத்தியவர்கள் ஆங்கில நாட்டைச் சார்ந்த ரிச்சர்ட்சன் (Richardson) என்பாரும், பின் அமெரிக்க நாட்டைச் சார்ந்த ஸ்டீவன்சன் (Stevenson) என்பாரும் ஆவர். ரிச்சர்ட்சன் இம் முறையைத் தச்சு வேலைத் தொழிலிலும் (Carpentary), ஸ்டீவன்சன்

இம் முறையை விவசாயத் துறையிலும் மேற்கொண்டு மாணவர்களது ஆற்றல் திறன்களை வளர்த்தனர். ஆனால், முதன்முறையாகக் கல்விக்கூடங்களில் கற்பிக்கும் முறையாகப் பயன்படுத்தியது டாக்டர் கில்பட்ரிக் (Kilpatrick) என்பவரே ஆவார்.

செயல்திட்டம் என்பதைப்பற்றிப் பல இலக்கணங்கள் சொல்லப்பட்டிருக்கின்றன. 'செயல்திட்டம்' என்பது ஒரு பிரச்சினையை அடிப்படையாகக் கொண்டு, இயற்கைச் சூழ்நிலையில் செய்து முடித்தலேயாகும் (A project is a problematic act carried to completion in its own natural setting) என்று ஸ்டீவன்சன் சொல்வார்; 'செயல்திட்டம்' என்பது சமூகச் சூழ்நிலையில் முழு மனதுடன் ஈடுபட்டு, குறிப்பிட்ட நோக்கத்தை அடிப்படையாகக் கொண்ட செயலேயாகும்' (A Project is a whole-hearted purposeful activity proceeding in a social environment). என்பது கில்பர்ட்ரிக் என்பார் சொல்லும் இலக்கணம். ஆகவே, இரு இலக்கணங்களையும் ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால், செயல்திட்டம் என்பதில் தெளிவான ஒரு நோக்கமும் (Purpose), திட்டமிடுதலும் (Planning), சமூகச் சூழ்நிலையிலோ அல்லது இயற்கைச் சூழ்நிலையிலோ அமைந்த படைப்பும் (Creation) வலியுறுத்தப்படுகின்றன என்பதை அறியலாம். இம் முறையில் முக்கியமாக நான்கு படிகள் உண்டு. நோக்கம் (Purposing), திட்டமிடுதல் (Planning), செய்து முடித்தல் (Execution), மதிப்பிடுதல் (Evaluation) என்பவை. இவை ஒவ்வொன்றிலும் மாணவரே பெரும்பங்கு கொள்வர்.

இன்று அறிவியல் செயல்திட்டம் என்பது கருவிகளையும் பொருள்களையும் பயன்படுத்தி மாணவர்கள் தனியாகவோ அல்லது குழுவாகவோ செய்து முடிக்கக்கூடிய பிரச்சினையை ஏற்படுத்துவதேயாகும். 'அது' பல்வேறு இலைகளைச் சேகரித்து ஒழுங்குபடுத்தி அமைத்தல்' என்ற சுலபமான பிரச்சினையாகவும் இருக்கலாம், அல்லது ஒரு புதிய கருவியை அமைப்பது போன்ற கடினமான பிரச்சினையாகவும் இருக்கலாம். இப் பிரச்சினைகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு மாணவர்கள் ஆசிரியர்களின் குறிப்புகளையும், கற்றறிந்த செய்திகளையும், தங்களது கைத்திறன்களையும் (Manipulative skills) கொண்டு செயலை வெற்றிகரமாகச் செய்து முடிக்கின்றனர்.

அறிவியல் செயல்களைப் பள்ளிகளில் பயிலும் எல்லா மாணவர்களும், அவர்களுடைய திறமைகளும், கவர்ச்சிகளும் எவ்வாறிருப்பினும் பின்பற்றலாம். வகுப்பறையில் பின்பற்றப்படும் வழக்கமான முறைகளைக்காட்டிலும் இம் முறையில் (Conventional

Methods) சிறந்து கற்பார்கள். என்றாலும், அறிவியலில் திறமை படைத்த மாணவரையும், புதியது புனைய ஆர்வமுள்ள மாண வரையும் ஆசிரியர் ஊக்குவிக்க வேண்டும். ஆற்றல்கள் படைத்த மாணவர்களுக்கு வகுப்பறைப் படிப்பு கவர்ச்சியையோ, ஆர்வத் தையோ ஏற்படுத்தாமல் இருக்கலாம். ஆனால், செயல்திட்ட முறை ஆற்றல்களை வெளிப்படுத்துவதில் அவர்களுக்குச் சிறந்த நன்மை பயக்கும். அறிவியல் துறையில் ஈடுபட விழையும் மாணவர்களுக்கு வேண்டிய வசதிகளையும் அளித்து அவர்களை ஈடுபட விரும்பும் துறைபற்றிய சோதனைகளைச் செய்ய அனுமதிக் கலாம்.

செயல்திட்ட முறை செயல்படும் விதம்

செயல்திட்ட வேலைகளுக்கு வித்திடுபவர் ஆசிரியரே ஆவார். பாடங்கள் கற்பித்து வரும்போது, படித்த பாடப் பகுதிகளுக்கு மேற்கொண்டும் எச் செயல்களில் ஈடுபடலாம் என்று அவ்வப் போது கூறி வரலாம். ஏதாவது புதிய சோதனைகளையோ அல்லது கருவிகளையோ செய்வதற்கு ஆர்வமுள்ள மாணவரை ஊக்கு வித்துச் செய்யுமாறு பணிக்கலாம், அல்லது ஆசிரியரே என்னென்ன செயல்களை ஏற்று மாணவர் செய்யலாம் என்ற கருத் தினையோ அல்லது அறிவியல் சந்தைகளைப்பார்வையிட மாணவரை அழைத்துச் சென்று விளக்கம் பெறவோ செய்யலாம். எக் காரணங்கொண்டும் ஆசிரியர் எந்தச் செயலைச் செய்யும்படியும் கட்டாயப்படுத்தக் கூடாது. அப்படிச் செய்தால் அவர் மேற் கொண்டு ஓர் ஒப்படைப்புப் பயிற்சியைக் (Assignment) கொடுப்ப தாகப் பொருள். பொதுவாக, மாணவர்கள் ஒன்று அல்லது இரண்டு பேர் சேர்ந்தோ அல்லது சில நேரங்களில் முக்கியமான செயல் திட்டத்தை எல்லா மாணவரும் சேர்ந்தோ செய்வர். செயலைத் தொடங்கிய பின்னர் ஆசிரியர் மாணவருக்குத் தேவை யான கருவிகளையும், கருவிகள் செயல்படும் நுட்பங்களையும், புதிய முறைகளைக் கையாளவும், செயலைச் செய்து முடித்த பின் வெற்றியைப் பாராட்டவும் வேண்டும். செய்து முடித்த செயலைப் பற்றி மற்றவருக்கு விளக்கச் சொல்வதும், அமைத்த கருவிகளைக் காட்சிப் பொருளாக அமைப்பதும் சிறந்த படைப்பாக இருப்பின், செய்தித்தாள்களுக்கும், வானொலி நிலையத்திற்கும் செய்திகளை அனுப்பவும் வேண்டும்.

செயல்திட்டங்களால் விளையும் பயன்கள்

அறிவியல் கற்பித்தலில் இச் செயல்திட்டங்கள் சிறந்த பயனைக் கொடுக்கின்றன. அவற்றைச் சுருக்கிப் பின்வருமாறு சொல்லலாம்:

1. அறிவியலில் மாணவரது கவர்ச்சியைத் தூண்டி ஆர்வத்தை வளர்க்க உதவுகின்றன.

2. பிரச்சினைகளைத் தீர்க்கும் நுட்பத்தை வளர்க்க உதவுகின்றன.

3. தனிப்பட்ட சிந்தனையை (Independent thinking) வளர்க்கின்றன.

4. அறிவியல் தத்துவங்கள் அர்த்தமுள்ளவையாக ஆக்கப்படுகின்றன.

5. ஒவ்வொருவரும் இயற்கையாயமைந்த தங்களது திறமைக்கேற்ப வளர்ச்சியுற உதவுகின்றன.

6. மாணவரிடையே தன்னம்பிக்கையை வளர்க்கின்றன.

7. அறிவியல் கருவிகளையும், நுட்ப முறைகளையும் அறிந்து பயன்படுத்தப் பயிற்சி இம் முறையில் அளிக்கப்படுகின்றது.

8. ஓய்வு நேரத்தைச் சிறப்பான வழிகளில் ஈடுபடுத்த வாய்ப்பளிக்கிறது.

செயல்திட்டங்களைத் தேர்ந்தெடுக்கும் முறை

வகுப்பில் பாடங்களைக் கற்பிக்கும்போதும் மாணவர்களுடைய தனிக் கவர்ச்சிகளைப்பற்றி அறியும்போதும், செயல்திட்டங்களுக்கான செயல்கள் எவை பொருத்தமானவை என்பதை அறியலாம். மாணவர்கள் முன்னர் செய்து முடித்த செயல்திட்டங்களாக இருந்தாலும் திரும்பவும் மேற்கொள்ளலாம். அறிவியல் சந்தைகளைப் பார்வையிடும்போது பல கருத்துகள் (Ideas) தோன்ற வழியுண்டு. சில அறிவியல் சஞ்சிகைகளிலும், அறிவியல் புத்தகங்களிலும் செயல்திட்டங்களுக்கான கருத்துகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. 'செய்து பாருங்கள்' (Doit-yourself) என்ற வரிசையில் பல புத்தகங்கள் தற்காலத்தில் வெளிவந்துள்ளன.

சாதாரணமாகப் பள்ளிகளில் மாணவர்கள் செய்யக்கூடிய செயல்திட்டங்களை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்:

1. பிரச்சினை தீர்க்கும் வகை (Problem Doing Type) : கற்றறிந்த தத்துவங்களைச் சரிபார்க்கச் செய்யும் செயல் முறைகளை இவ்வகையில் குறிப்பிடலாம். எடுத்துக்காட்டாக, மின்சார மோட்டார் ஒன்று அமைப்பதும், தொலைபேசி இயங்கும் விதத்தை நேரிடையாகச் செய்து பார்ப்பதும், மின்சாரத்தில்

தொடர் இணைப்பையும், பக்க இணைப்பையும் நேரிடையாகச் செய்து பார்ப்பதுமான செயல்களில் மாணவரை ஈடுபடுத்த லாம். வானிலைபற்றி அறிய உதவும் கருவிகளை அமைத்துக் கொண்டு, அன்றாடம் இயற்கையை ஆராய்ந்து வானிலைக் குறிப்புகளை அறிவிக்கலாம். ஆசிரியரேகூடக் குறிப்பிட்ட நோக்கத்திற்காக ஒரு தத்துவத்தை நிச்சயப்படுத்துவ தற்குச் செயல் முறையைப் பின்பற்றச் சொல்லலாம் எடுத்துக்காட்டாக, சேமிப்பு மின்கலம் எவ்வாறு அமைக்கப் பட்டு செயல்படுகிறது என்பதனை நேரிடையாக ஒரு சேமிப்பு மின்கலத்தை அமைத்து, அதனை மின்னேற்றம் செய்து பயன் படும் முறையினை அறியலாம்.

2. தனிப்பட்ட அறிக்கை முறை வகை (Special Report Type): தனி மாணவர்களால் பெரும்பாலும் சில பிரச்சினைகள் குறித்து ஆய்வகத்தையும் நூலகத்தையும் பெரும் அளவில் பயன் படுத்திச் செய்திகளைத் திரட்டி, முடிவு செய்தல் இவ் வகை யைச் சார்ந்தது. எடுத்துக்காட்டாக, ‘யுரேனியத்திலிருந்து அணுசக்தி எவ்வாறு கிடைக்கின்றது’ போன்ற செய்திகளைத் தொகுத்துக் கட்டுரையாகவும், படத் தொகுப்பாகவும் தயாரிக்கச் செய்யலாம். இதுவன்றி, கண்ணாடியில் இரசம் பூசுவதும் (Silvering of Mirror), பாதரசத்தைச் சுத்தம் செய்வதும். டிரான்சிஸ்டரைக் கொண்டு வானொலி அமைப் பதும் போன்ற செயல்களில் ஈடுபடுத்தலாம்.

3. ஆராய்ச்சி வகை (Research Project): மாணவர் நிலைக் கேற்பச் சில பிரச்சினைகளைத் தேர்ந்தெடுத்து, சோதனைகள் அமைத்து, அவற்றின் அடிப்படையில் கருத்துகளைத் தொகுத்து ஆராய்ச்சிக் கட்டுரை (Research paper) தயாரிக்கலாம். ஆராய்ச்சிக் கட்டுரை எவ்வாறு தயாரித்தல் என்பதைப் பற்றிய செய்திகளை மாணவர்களுக்குக் கற்பித்தல் வேண்டும். உதாரணமாக, உயிர்நூலில் பலவகைத் தாவரங்களைச் சேகரித்து, அவற்றை இனம் காணுவதையும், சில வகை மீன்கள் குறிப்பிட்ட தூண்டல்களுக்கு எவ் வகையில் அவற்றின் நடத்தையில் மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன என்ப தையும், இரசாயனத்தில் சில காட்டிகளின் (Indicators) அமிலம் அல்லது காரத் தன்மையின் pH மதிப்பைக் காண் பதையும், சில உணவுப்பொருள்களில் உள்ள ஸ்டார்ச்சின் அளவைக் காண்பதையும் இவ் வகையில் சேர்க்கலாம்.

செயல்திட்டங்களைத் தேர்ந்தெடுக்கும்போது, அவற்றைச் செய்து முடிக்கத் தேவையான வசதிகள் அனைத்தும் உள்ளனவா

என்று ஆராய்ந்தறிதல் வேண்டும். சில சோதனைகளை வீட்டில் செய்துபார்க்க வேண்டுமானால், வீட்டில் சிறிய அளவிலாவது ஆய்வகம் ஒன்று இருத்தல் வேண்டும். பள்ளியில் செய்ய வேண்டுமானால், அங்கேயே போதிய வசதி அமைத்துக் கொடுத்தல் வேண்டும். வேலை செய்யத் தகுந்த வசதியும், ஆய்வகத்திற்கான தனி வசதிகளான மின்சார இணைப்பு, எரிவாயு, போதிய கருவிகள் அனைத்தும் தேவைப்படுகின்றன. செயல்திட்ட வேலைகளைக் குறுகிய காலத்தில் முடிக்கும்படியாக இருக்க வேண்டும். புதியதாக அமைத்த கருவிகளைப் பாதுகாத்து வைத்தல் வேண்டும்.

செயல்திட்டங்களை முடித்தபின் அறிக்கை தயாரித்தல்

செயல்திட்டங்களை முடித்தபின், அவற்றைக் குறித்து மற்றவர்களுக்கு விளக்கும் வகையில் ஓர் அறிக்கை தயாரித்தல் வேண்டும். இந்த அறிக்கையைத் தயார் செய்தலில் நன்றாகத் திட்டமிடல் வேண்டும். கீழ்க்கண்ட முறைப்படி இவ் வறிக்கையை ஒழுங்குபடுத்தி அமைக்கலாம்:

தலைப்பு

1. தொகுப்பு
   (1) ஆராயப்பட்ட தலைப்பு அல்லது பிரச்சினை.
   (2) எந்த நோக்கத்துடன் ஆராயப்பட்டது?
   (3) ஆராய்ச்சியிலிருந்து அறியப்பட்ட முக்கியமான முடிவுகள்.
2. பின்னிணைப்புகள்
   (1) செயல்திட்டம் செய்வதற்கு ஏற்பட்ட சூழ்நிலைகள்.
   (2) மற்றவரிடமிருந்து பெறப்பட்ட உதவி.
   (3) ஆராய்ச்சியில் ஈடுபடுத்தப்பட்ட முறைகள்.
   (4) எந்த அடிப்படையில் முடிவுகள் ஏற்படுத்தப்பட்டன.
3. பின்னிணைப்புகள்

செயல்திட்டத்தை மேற்கொண்டு அமைத்த வரைபடங்கள் விளக்கப்படங்கள், குறிப்புகள், கணக்குகள் போன்றவை.

சில வகைச் செயல்திட்டங்களை விளம்பரம் (Display) செய்யலாம். படங்கள் போன்ற பொருள்களை (Flat materials)

செய்திப்பலகையிலும், மற்ற கருவிகளையும் சேகரித்த மாதிரி உருவங்களை (Specimens) காட்சிக் கூண்டுகளிலும் (Show cases) அமைக்கலாம்.

செயல்திட்டங்களை மதிப்பிடுதல்

குறிப்பிட்ட நோக்கம் நிறைவேறியதா என்று கருத்தில் கொண்டே செயல்திட்டத்தை மதிப்பிடுதல் வேண்டும். செயல் திட்டம் ஒருவருடைய தனித்தன்மையை (Individuality) வளர்ப்பதால், அது முக்கியமாகக் கருதப்படுகின்றது. ஒவ்வொரு செயல் திட்டத்தையும், அதனதன் தகுதியைப் பார்த்து மதிப்பிட வேண்டுமே தவிர, மற்றச் செயல்திட்டங்களுடன் ஒப்பிட்டு மதிப்பிடல் கூடாது.

மேற்பார்வைப் படிப்பு முறை (Supervised Study Method)

(மாணவர்கள் தனித்தனியாகவோ அல்லது குழுக்களாகவோ ஆசிரியர் பணித்த வேலையில் ஈடுபடும்போது, ஆசிரியர் அவர்களது வேலையினை மேற்பார்வை செய்து, அவர்களுக்குத் தேவையான உதவிகளைச் செய்வதே மேற்பார்வை படிப்பு முறையாகும். எந்த வகுப்பிலும் மூன்று வித நிலையிலுள்ள மாணவர்களைக் காணலாம். மீத்திற மாணவர்கள் (Gifted), சாதாரண அறிவு படைத்தோர் (Average), குறையறிவு படைத்தோர் (Retarded) என மூன்று பிரிவினராகப் பிரிக்கலாம். இது போன்று மாணவர்களைப் பிரித்து கற்பிக்காத நிலையில், பொதுவாக ஆசிரியர் தமது கற்பித்தலை அதிக எண்ணிக்கையிலுள்ள சாதாரண அறிவு படைத்தோரை அடிப்படையாகக் கொண்டே கற்பிக்க இயலும். இதன் காரணமாக மற்ற இரு சாராரும் பாதிக்கப்படுகின்றனர். அதிக அறிவு படைத்தோர் தம் திறமைக்கேற்பப் பயிற்சிகளும், கற்பித்தலும் நடைபெறாது இருப்பதால், மற்ற மாணவருடன் கலந்து உழல்கின்றனர். அதே போன்று பிற்போக்கு அடைந்துள்ள மாணவரும் கற்பிக்கப்படும் செய்திகள் ஏதும் புரியாமல் விழிக்கின்றனர். வகுப்பில் எந்தவித உதவியும் அவர்கள் பெற முடிவதில்லை. ஆகவே, மூன்று வகைப்பட்ட திறமுடைய மாணவர்களுக்கும் ஏற்ற வகையில் ஆசிரியர் கல்வி கற்பிக்க அமைக்கப்படுவதே இத் திட்டத்தின் நோக்கமாகும்)

மேலும், மாணவர்களுக்கு அறிவு வளர்ச்சிக்குப் போதிய வீட்டுச் சூழ்நிலை அமையாமல் இருக்கும்போது, இம் முறை சிறந்த பயனை அளிக்கிறது. பெரும்பாலான மாணவர்களுக்குப் படிப்பதற்கேற்ற வசதிகள் வீட்டில் அமையாததனால், அம் மாணவர்களைப்

பள்ளிநேரம் முடிந்த பின் இருக்கச் செய்து அன்ருடம் அவர்களுக்குப் பயிற்சி அளிக்கலாம். மேலும், வீட்டுவேலே (Home Work) என்று ஒவ்வொரு பாடத்திலும் அன்ருடம் ஆசிரியர்கள் மாணவர்களுக்குக் காடுப்பது, உண்மையிலேயே அம் மாணவர்களுக்கல்ல. அவற்றைச் செய்து முடிப்பது மாணவரது பெற்ரேர்களாகவே அமைகின்றனர். அல்லது வகுப்பில் முன்னேறி உள்ள மாணவரைப் பார்த்து எழுதி மற்ற மாணவர்கள் முடிக்கின்றனர். இதைக் கொண்டு மாணவர்கள் அனைவரும் கற்றுத் தேர்ந்தனர் என்று கூற முடியாது. வீட்டில் படிப்பறிவு இல்லாத பெற்ரேர்களால் மாணவர்களுக்கு எவ்விதப் பயனும் விளைவதில்லை. எனவே. 'தற்காலத்தில், வீட்டு வேலை கொடுப்பதை முற்றிலும் தவிர்த்தல் வேண்டும்' என்னும் கொள்கையைக் கல்வியாளர்கள் அறிவுறுத்தி வருகின்றனர். மாணவர்களுக்குப் பயிற்சி ஏதேனும் அளிக்க வேண்டுமாயின், ஆசிரியரது மேற்பார்வையிலேயே, வகுப்பிலேயே நடைபெறுதல் வேண்டும். மேலும், மாணவர்களிடையே சரியாகப் படிக்கும் பழக்கத்தை (Proper habits of Study) வளர்ப்பதற்கும் மேற்பார்வைப் படிப்பு தேவையாகின்றது. வேகமாகப் படித்தல், பொருளுணர்ந்து படித்தல், மௌனமாகப் படித்தல், முக்கியமான செய்திகளை மட்டும் மனதில் நிலைநிறுத்தல் போன்ற நல்ல படிக்கும் பழக்கங்களை இம் முறைமூலம் வளர்க்க இயலும்.

மேற்பார்வைப் படிப்புத் திட்டத்தை இரு காரியங்களுக்காகப் பயன்படுத்தலாம். படிப்பில் மிகவும் பின்தங்கியுள்ள மாணவர்களுக்குத் தனிக் கவனம் செலுத்தி முன்னேறச் செய்யாவிடில். மேல்வகுப்பிற்கு மாற்றத் தகுதியற்றவர்களாகி விடுவர் என எண்ணி, அவர்களுக்குக் கொடுக்கப்படும் முறை ஒரு வகைப்படும், மற்ரென்று, வகுப்பில் எல்லா மாணவர்களுக்கும் இதை ஒரு கற்பிக்கும் முறையாகப் பின்பற்றலாம். என்பது ஆகும்.

வகுப்பில் பின்தங்கியுள்ள மாணவர்களை முன்னேறச் செய்வதற்கு இரு முறைகளைப் பயன்படுத்தலாம். வகுப்பு ஆசிரியரே பள்ளி நேரம் முடிந்து, பின்தங்கிய மாணவர்களைப் பிரித்து அவர்களுக்குத் தேவையான பயிற்சியையும், கவனத்தையும் கொடுத்து, 'கூடி ஆராயும் திட்டம்' (Conference Plan) ஒன்று உண்டு. இம் முறையைப் பின்பற்றுவதனுல், வகுப்பு ஆசிரியருக்கு வேலை மிகுதியாவதால், பள்ளியில் எல்லா வகுப்புகளிலும் பிற்போக்கு அடைந்துள்ள மாணவர்களுக்குத் தனியாக ஆசிரியரை நியமித்து ஏற்பாடு செய்யலாம். 'இதற்குத் தனி ஆசிரியர் திட்டம்' (Special Teacher Plan) என்று சொல்வதுண்டு.

கற்பிக்கும் முறையாகப் பயன்படுத்த வேண்டுமெனில், இம் முறையைப் பின்பற்றக் கால அட்டவணையில் சில ஏற்பாடுகள் செய்ய வேண்டும். கீழ்க்கண்ட முறையில் இவ்வேற்பாட்டை அமைக்கலாம்:

1. இரு பாட வேளைகள் அமைத்தல் (Double Period Plan): இதில் அறிவியல் பாடத்திற்கென்று இருபாட வேளைகளைத் தொடர்ச்சியாக அமைத்தால், முதல் பாடவேளையில் பாடத்தைக் கற்பித்து விட்டு, அடுத்த வேளையில் சில பயிற்சி வேலைகளைக் கொடுத்தோ அல்லது சோதனைகளில் மாணவரை ஈடுபடுத்தியோ மேற்பார்வையிடலாம்.

2. பகுதிப்பாட வேளை அமைத்தல் (Divided Period Plan) : இரு பாடவேளைகள் தொடர்ச்சியாக அமைக்க இயலாது போனல், ஒரே பாட வேளையை இரு பிரிவாகப் பிரித்துக்கொண்டு, முதல் பிரிவில் சில அறிவியல் கொள்கைகளையும் (Theory), மறுபிரிவு நேரத்தில் சோதனையையும் அல்லது முதலில் சோதனையையும், பின் பாடப் பொருளையும் நடத்திக் கொள்ளலாம். இம் முறையைப் பின்பற்ற ஆய்வகமும், வகுப்பறையும் ஒட்டியோ அல்லது ஒரே அறையில் ஒரு பகுதி விரிவுரைக்கும் மற்ருெரு பகுதி ஆய்வக வேலைக்கும் ஏற்ருற்போல் அமைக்கப்பட வேண்டும்.

3. நூலகப் பாட வேளை (Library Period Plan) : ஒருபாடவேளையை நூலகத்திற்குச் சென்ருே அல்லது நூலக வேலைக்கோ பயன்படுத்தி மேற்பார்வைப் படிப்பை அமைக்கலாம்.

4. கூடுதலான பாடவேளை (Extra Period Plan): இம் முறையைச் செயற்படுத்துவதற்காகத் தனியாக ஒரு பாடவேளையை அமைக்கலாம். மேற்பார்வைப் படிப்பு முறை சிறந்த பயனளிக்க வேண்டுமாயின், மாணவர் மனதில் கருத்துகளை நிலைநிறுத்தப் பயிற்சி அட்டைகள் (Assignment Sheets) கண்டிப்பாகத் தேவையாகின்றன. என்னென்ன கருத்துகளைத் தெரிந்துகொள்ள வேண்டும் என்பதை முன்கூட்டியே சிறு சிறு விஞக்கள்மூலம் கொடுத்து விட்டால், அப் பயிற்சி அட்டைகளைக் கொண்டு, செய்திகளைச் சிறந்த முறையில் சேகரிப்பர். எடுத்துக்காட்டாக, கதிரியக்கம் (Radio Activity) பற்றிய பாடம் கற்பிப்பதற்குப் பாடநூலிலுள்ள செய்திகளைப் படித்தறியுமாறு மாணவரை ஈடுபடுத்தலாம். அச் செயலில் ஈடுபடுமுன் பயிற்சி அட்டையைக் (Reading Assignment Sheet) கொடுத்து முக்கிய செய்திகளைப் படித்துச் சேகரிக்குமாறு செய்ய வேண்டும்.

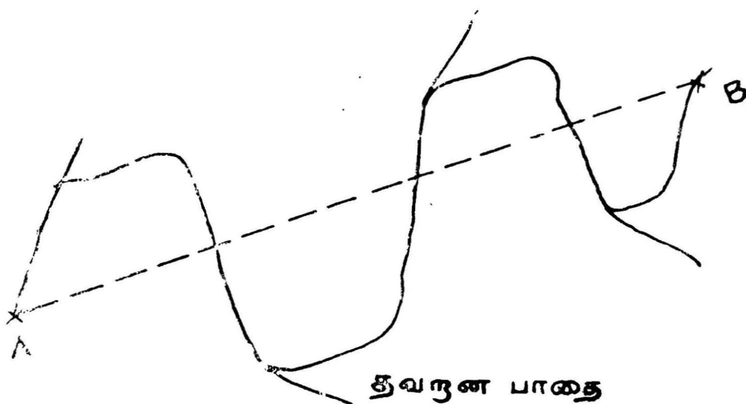
1. கதிரியக்கம் செய்யும் பொருள்கள் யாவை ?
2. கதிரியக்கத்தைக் கண்டு பிடித்தவர் யார் ?
3. கதிரியக்கத்தில் நடைபெறும் நிகழ்ச்சி யாது ?
4. கதிரியக்கத்தில் வெளிவரும் ஆல்பா கதிர்களின் தன்மைகள் யாவை ?
5. கதிரியக்கத்தில் வெளிவரும் காமா கதிர்களின் தன்மைகள் யாவை ?
6. கதிரியக்கத்தில் வெளிவரும் பீட்டா கதிர்களின் தன்மைகள் யாவை ?
7. கதிரியக்கப் பொருளில் ஓர் ஆல்பா கதிர் வெளிவிடுவதால் உட்கருவில் ஏற்படும் மாற்றம் என்ன ?
8. பீட்டா கதிர் வெளியேறுவதால் ஏற்படும் மாறுதல் என்ன ?
9. ரேடியம் உட்கருவில் 138 நியூட்ரான்களும், 88 புரோட்டான்களும் உள்ளன. அணுவின் எடை 226. அணு எண் 88. அணுவின் கரு சிதைந்து, ஆல்பா துகள் ஒன்று வெளியேறும் போது உட்கரு அமைப்பில் ஏற்படும் மாறுதல் என்ன ?
10. கதிரியக்கத்தைக் கண்டுபிடிப்பதற்கு என்னென்ன கருவிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன ?
11. 'கதிர் இயக்கச் சிதைவு' (Radio Activity Decay) என்றால் என்ன ?
12. 'அரை வாழ்வுக் காலம்' (Half Period Life) என்றால் என்ன ?
13. 'செயற்கை முறையில் கதிரியக்கம்'(Artificial Radio Activity) என்றால் என்ன ?
14. 'கதிரியக்க ஐசோடாப்புகள்' என்றால் யாவை ?
15. மருத்துவத்தில், தொழிற்றுறையில், விவசாயத்தில் கதிரியக்கம் எவ்வாறு பயன்படுத்தப்படுகின்றது ?

இவை போன்ற வினாக்கள் அமைக்கப்பட்ட பயிற்சி அட்டைகளைக் கொடுத்து, குறிப்பிட்ட பகுதியைப் புத்தகங்களிலிருந்து படித்து, முக்கியமான செய்திகளை அறியத் தூண்டுதல் வேண்டும். இதிலுள்ள வினாக்களுக்குரிய விடைகளைத் தயாரித்த பின்னர் அவற்றை மதிப்பிடுதல் வேண்டும். இவ் வினாக்களுக்குரிய விடைகளைத் தயாரிப்பதற்கும் பாடப்பகுதியைப் புரிந்துகொள்வதற்கும் மாணவர்கள் ஆசிரியர் துணையை நாடிச் சிறப்பெய்துகின்றனர். இம் முறை பெரும்பாலும் படிப்பில் பின்தங்கியுள்ளோருக்கும் பெருந்துணையாய் அமைகிறது. படிப்பில் வேகமாக முன்னேறும்

மாணவரும் தாங்கள் கற்ற பகுதியில் மேற்கொண்டு தொடர் பான செய்திகளை அறிந்துகொள்ளத் தூண்டப்பெறலாம். இது போன்று பயிற்சி அட்டைகளைச் சோதனைகள் செய்வதற்கும் பயன் படுத்தி, மாணவரைச் சோதனைகளிலும் ஈடுபடுத்தலாம். சோதனைகள் தொடங்கப்பெறுவதற்கு முன்னரே பயிற்சி அட்டை களைக் கொடுத்து, அவற்றிற்கு விடைகள் தயாரிக்கச் செய்யலாம். அவற்றை மதிப்பிட்டு, மாணவர்களுக்குச் சோதனை செய்வதற்குத் தெளிவான அறிவு ஏற்பட்டுள்ளது என அறிந்த பின்னரே சோதனைகள் செய்ய அனுமதிக்கப் பெறுதல் வேண்டும்.

வரலாற்று முறை (Historical Method)

அறிவியலின் ஒவ்வொரு பகுதியும் எவ்வாறு படிப்படியாகத் தோன்றி வளர்ச்சியுற்றது என்பதைப்பற்றிக் கற்பிப்பதே வரலாற்று முறையில் கற்பித்தல் ஆகும். அறிவியல் கருத்துகளின் வளர்ச்சிப் பாதை நீண்டது.



படம் 8

'ஒளி' என்ற பாடப்பகுதியை எடுத்துக்கொண்டால், அதில் A என்ற நிலையிலிருந்து B என்ற வளர்ச்சியுற்ற அறிவு நிலையை எட்ட சுருக்கமான பாதை விட்டுவிட்டுக் காட்டப்பட்ட நேர்க்கோடு, (Dotted Line) ஆகும். இப் பகுதியைக் குறைந்த காலத்தில் சுமார் ஒன்று அல்லது இரண்டு மாதகால அளவுக்குள் கற்பிக்கலாம். ஆனால், அறிவியல் அறிஞர்களுக்கு இச் செய்திகளைக் கண்டறியக் குறைந்தது இரண்டு அல்லது மூன்று நூற்றாண்டுகள்கூட ஆகி யிருக்கலாம். அவர்கள் சென்ற பாதையும் படத்தில் காட்டிய வளைவு கோடுகள் போன்று சுற்றுப் பாதையாகவும், நீண்ட

பாதையாகவும், சில நேரத்தில் வேறு எங்கோ ஒரு திசையில் சென்று மறுபடியும் திரும்பி மேற்கொண்டு செல்வது போலவும் அமைந்திருக்கலாம். இதுமட்டுமல்லாமல், (படத்தில் காட்டிய தொடர்பில்லா) வேறு தவறான பாதைகளும் (False Tracks) அமையலாம். இவற்றில் செலவிட்ட காலமும் வீணாகவும் முடிந் திருக்கும். ஆகவே, மாணவர்களுக்குச் சில பாடங்களையாவது கற்பிக்கும்போது, அப் பாடக் கருத்துகள் தோன்றி, படிப்படியாக வளர்ச்சியுற்ற கதையை இச் சுற்றுப்பாதை வளர்ச்சியைக் கொண்டு கற்பித்தல் இம் முறையில் வலியுறுத்தப்படுகின்றது.

இம் முறையைச் சில அறிவியல் கொள்கைகளைக் (Theoretical Concepts) கற்பிப்பதற்குப் பயன்படுத்தலாம். அணுவின் அமைப் பைப்பற்றித் தொடக்கக் காலத்திலிருந்து இருந்து வந்த கொள்கை களையும் பின் அறிவியல் ஆராய்ச்சிகள் பலவற்றின் அடிப்படையில் எவ்வாறு மாறி, டால்டன் அணுக்கொள்கை உருவாகியது என்பது பற்றியும், பின்னர் ஜே. ஜே. தாம்சன் (Sir J. J. Thompson), ருதர்ஃபோர்டு (Lord Rutherford), போர் (Neils Bohr), சோமர் ஃபீல்ட் (Somerfield), சாட்விக் (Chadwick), ஐன்ஸ்டீன் (Albert Einstein), ஃபெர்மி (Enrico Fermi) போன்ற பல அறிவியல் ஆராய்ச்சியாளர்களால் எவ்வாறு ஒரு புதிய உருவம் கொடுக்கப் பட்டு, புதிய கருத்துகள் தோன்றியுள்ளன என்பது பற்றி வரிசைக் கிரமமாகக் கற்பிக்கலாம். அதேபோன்று ஒளிபரவும்விதம் பற்றித் தொடக்கத்தில் நியூட்டனின் துகள் கொள்கையையும் (Newton's Corpusculor Theory), பின்னர் 'ஹைஜினின்' அலைக் கொள்கை யையும் (Hoygens' Wave Theory), அதன் பின்னர் மாக்ஸ்வெலின் மின்காந்த அலைக் கொள்கை (Maxwell's Electro-magnetic Wave Theory) ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டதையும் கற்பிப்பது வரலாற்று முறையாகும். தொடக்கத்தில் ஏற்பட்ட துகள் கொள்கை எவ்வாறு அன்று கண்ட சாதாரண நிகழ்ச்சிகளை மட்டும் விளக்கி, பின்பு கண்ட நிகழ்ச்சிகளை (Diffraction, Interference, Polari-sation) விளக்கத் திணறியது, பின் என்னென்ன முயற்சிகள் மேற் கொள்ளப்பட்டன என்றெல்லாம் அமைத்துக் கற்பிப்பது இம் முறையின் சிறப்பு ஆகும். இது போன்றே ஒளி வேகத்தைக் காணச் செய்யப்பட்ட பல சோதனைகள், வெப்ப-எந்திர ஆற்றல் இணைமாற்று (Mechanical Equivalent of Heat) பற்றி நிகழ்த்தப் பட்ட வெவ்வேறு சோதனைகள் போன்ற தலைப்புகளைக் குறிப் பிடலாம்.

வரலாற்று முறையில் கற்பித்தல் என்பது அறிவியலின் வரலாற்றைப்பற்றிக் கூறுவதல்ல; வரலாறு பாடத்தில் அமைக்

கப்படுவது போல ஆண்டுகளையும், பெயர்களையும், நிகழ்ச்சிகளையும் மட்டும் அடிப்படையாகக் கொண்டதுமல்ல. அனைத்தும் இடம் பெறுவன. என்றாலும், அறிவியல் உண்மைகள், கருத்துகள் எவ்விதம் அறிவியல் அறிஞர்களின் சிந்தனையில் சிந்தனை மாற்றங் களால் காலப்போக்கில் மாறுபாடு அடைந்து இன்று ஒத்துக் கொள்ளப்பட்ட வகையில் முற்றிலும் தன்மனவயப்படாத கருத் துகளாக அமைந்துள்ளன என்பதனைச் சித்தரித்துக் காட்டுவதே யாகும். சில கருத்துகள் மாறுபாடு அடைந்திருக்கலாம். சில பின்னால் விளைந்த ஆராய்ச்சிகளின் விளைவாக முற்றிலும் மாற்றப் பட்டு, தகர்த்தெறியப்பட்டிருக்கலாம். உதாரணமாக, அரிஸ் டாடிலின் பொருளியலைப்பற்றிய கருத்துகளில் பல தவறானவை யாக இருந்தும், அவை எவ்வாறு மக்கள் மனதில் பல நூற்றாண்டு காலம் நிலைபெற்று நின்றன என்பதும், பின்னர்க் கலிலியோ போன்ற ஆராய்ச்சியாளர்களால் சோதனைகள்மூலம் நிரூபிக்கப் பட்டுத் தவறான செய்திகள் தள்ளப்பட்டு, புதிய செய்திகள் உருவாயின என்பதைப்பற்றியெல்லாம் விரிவாக இம் முறையில் கற்பிக்கப்படுகின்றது. எடுத்துக்காட்டாக, இயற்கையில் வெற் றிடம் இருக்க முடியாது (Nature abhors vacuum) என்பது அரிஸ்டாடிலின் கருத்து. முதன்முதலாக டாரிசெல்லி (Toricelli) என்ற அறிவியல் அறிஞர் தாம் அமைத்த பாரமானி (Barometer) மூலமாக இயற்கையில் வெற்றிடத்தை ஏற்படுத்திக் காட்டிய போதும் மக்கள் நம்ப மறுத்தனர். எவ்வாறு சாதாரண வாயுப் பொருளான காற்று சுமார் 75 செ.மீ. உயரமுள்ள பாதரசக் கம்பத்தைத் தாங்கி நிறுத்தும் என்று நம்பவே மறுத்தனர். பின்னால் வந்த பாயில் (Boyle) J வடிவக்குழாய் அமைத்து, எவ்வாறு அடைபட்ட காற்றானது சுமார் 2 மீட்டர் உயரத்திற்குத் தாங்கி நிறுத்தும் என்பதை விளக்கிக் காட்டியபோதுதான் மக்கள் நம்பினர்.

இதே போன்று நைட்ரஸ் ஆக்ஸைடு கண்டுபிடிக்கப்பட்ட முறையையும், அதைக் கண்டுபிடித்த அறிவியல் அறிஞர் அவ் வாயுவை அதிகமாக நுகர்ந்ததால், அவர் அனுபவித்த காற்றில் மிதப்பது போன்ற உணர்ச்சிகளையும், பைத்தியம்போலச் சிரிக்கத் தொடங்கியதையும், அதனால் அவ் வாயுவுக்குச் 'சிரிக்க வைக்கும் வாயு' (Laughing Gas) என்று பெயர் வழங்கப்பட்டதையும், அவ் வாயுவைப் பயன்படுத்தித் தொடக்கக் காலத்தில் நோயாளிகளை மயக்கமுறச் செய்து, பல அறுவைச் சிகிச்சைகளைச் செய்த முறை யையும் 'நைட்ரஸ் ஆக்ஸைடு' பாடம் நடத்தும்போது சொல்ல வேண்டும். இவ்வளவு நிகழ்ச்சிகளையும் விவரித்துச் சொல்லும் போது, அப் பாடக் கருத்துகளை மாணவர்களால் மறக்க இயலாது

ஆகவே, வரலாற்று முறையில் பாடங்களைக் கற்பிக்கும்போது' அதிக காலம் தேவைப்படுகின்றது. மேலும், ஒவ்வொரு கருத்தும் தோன்றி வளர்ச்சியடைந்து, இன்று ஒத்துக்கொள்ளப்பட்ட முடிந்த முடிவாக ஆன வரலாற்றைப்பற்றிய செய்திகள் அறிய வாய்ப்புகள் இல்லை. மேலும், இம் முறையைப் பின்பற்றிப் பாடம் கற்பிக்கும்போது, மாணவர்கள் இன்று முடிவாகப் பெற்ற கொள்கைகளை (Accepted theories) மறந்துவிட்டு, வரலாற்றின் அடிச்சுவட்டில் மாறி வந்த கருத்துகளையெல்லாம் நினைவில் கொள்வதால் ஏதும் பயனில்லை.

எனினும், இம்முறையில் கற்பிக்கும்போது மாணவரது ஆர்வம் பாடப்பொருளில் தூண்டப்படுகின்றது. மேலும், கொள்கைகளாக (Theories) இருந்த அறிவியல் கருத்துகள் எவ்வாறு பின்னால் வந்த ஆராய்ச்சியாளர்களால் மாற்றப்பட்டுச் சில நேரங்களில் தவறானவை என்று அறிந்தால் தூக்கி எறியப்படுகின்றன என்று அறிவியல் முறையின் முக்கியத்துவத்தைப்பற்றிக் கற்பிக்க இம் முறையைப் பயன்படுத்தலாம். சென்ற மூன்று நூற்றாண்டுகளில் அறிவியலில் ஏற்பட்ட வளர்ச்சியும், புதிய கண்டுபிடிப்புகளும் மனித சமுதாயத்தையே மாற்றி அமைத்துள்ளன என்றால் மிகையாகாது. ஆகவே, வரலாற்று ஆசிரியருக்கு அறிவியலின் வளர்ச்சி பற்றி அறிவதும், இன்றுள்ள நாகரிக உலகிற்கு எவ்விதம் துணை செய்துள்ளது என்று அறிவதும் மிகவும் இன்றியமையாதது. அறிவியலை வரலாற்றுத் தொடர்பின்றிக் கற்பிக்க இயலும். ஆனால், வரலாற்றை அறிவியல் தொடர்பின்றிக் கற்பிக்க இயலாது.

வாழ்க்கைச் சரிதை முறை (Biographical Method)

வரலாற்று முறையில் கற்பிக்கும்போது, அறிவியல் கருத்துகளின் வளர்ச்சிப்பாதையை மட்டுந்தான் கற்பிக்கின்றோமே தவிர, அந் நிகழ்ச்சிகளுக்கு அடிப்படையான அறிவியல் அறிஞர்கள் இடம் பெறவேண்டிய அவசியம் இல்லை. ஆனால், வாழ்க்கைச் சரிதை முறையில் கண்டுபிடித்த விஞ்ஞானிகளின் வெற்றிகளையும் அவர்கள் அடைந்த தோல்விகளையும், அவர்களின் எண்ணங்களையும், எதிர்கொண்ட ஏமாற்றங்களைப்பற்றியெல்லாம் கற்பிக்கப்படுகின்றன. இம் முறையில் அறிவியல் என்பது புற உலகைப் பற்றிய செய்திகள் அன்று; மனித எண்ணத்தின் விளைவு (Expression of human spirit). மாணவர்கள் இவ்வெண்ணங்களை அறிவதால் அறிவியலில் ஆர்வம் தூண்டப்பெறுவர். சான்டர்சன் (F.W. Sanderson) என்பார் கூறுகிறார்: "அனைவரும் அறிந்த ஆர்க்கிமிடிஸ் தத்துவத்தைச் சரி பார்க்கிறேன் என்றோ கண்டுபிடிக்கிறேன் என்றோ சொல்லி ஏமாற்றுகிறீர். ஆர்க்கிமிடிஸைப்

படியுங்கள்; பாரடேயின் ஆராய்ச்சிக் கட்டுரைகளைப் படியுங்கள். மின்னுற்பகுத்தலைப்பற்றி அவர் செய்த சோதனைகள் அனைத்தையும் அவர் கட்டுரைகளிலிருந்து படியுங்கள். அவர் பயன்படுத்திய முறைகள், பெற்ற வெற்றிகள், அடைந்த தோல்விகள், ஐயங்கள், குறிப்புணர்வுகள் (Suggestions) போன்றவற்றை நேரில் படித்து உணருதல் வேண்டும். மின்காந்தத் தூண்டல்பற்றி அவர் அமைத்த சோதனைகளையும், அவர் சோதனைகளில் ஈடுபட்ட போது காட்டிய பொறுமையையும், திறந்த மனத்தையும், ஈடுபாட்டையும் அவர் எழுதி வைத்துள்ள குறிப்புகளிலிருந்து படிக்க வேண்டும்.''

இதே போன்று, சிராக்கஸ் (Syracuse) நாட்டு மன்னர் பொற்கொல்லர் செய்து கொடுத்த தங்கக் கிரீடத்தைச் சோதனை செய்ய எண்ணியபோது ஆர்க்கிமிடிஸை அழைத்து, பயன்படுத்திய தங்கத்தின் அளவைக் காணச் சொல்லியதையும், அப் பிரச்சினையில் ஈடுபட்ட ஆர்க்கிமிடிஸ் குளிக்கும் தொட்டியில் இறங்கியபோது நிகழ்ந்த விளைவால் எதிர்பாராது கிடைத்த விடையைக் கண்டு மகிழ்ச்சியுற்று, ஆடையின்றி அரண்மனைக்கு ஓடியதையும் வரலாற்று நிகழ்ச்சிகள் மட்டுமன்று; மனித மனம் எவ்விதம் வினையாற்றுகின்றது என்பதும் புலனாகின்றது. தன்னை மறந்த பேராசிரியர் (absent minded professor) என்று யாரையாவது குறிப்பிட வேண்டுமானால், ஆர்க்கிமிடிஸைத் தவிர வேறு எவர் பொருத்தம் உடையவர்? தலைசிறந்த அறிவியல் மேதையாக இருந்தும் சர் ஐசக் நியூட்டன் கடைசியில் தம்மைக் கடற்கரை மணலில் காணப்படும் அழகிய கிளிஞ்சல்களையும், கற்களையும் கண்டு வியந்து மகிழும் சிறுபிள்ளைக்கு ஒப்பிட்டுக் கொண்டு, கடலுக்கு அடியில் காணாத அரும் பொருள்கள் பல இருப்பதைப்போலத் தாம் காணாத செய்திகள் பல இருப்பதைச் சுட்டிக்காட்டியது எவ்வளவு அடக்கம் நிறைந்தவர் என்பதை உணர்த்துகின்றது. 'கற்றது கைம்மண்ணளவு, கல்லாதது உலகளவு' என்று தமிழ் மூதாட்டி ஔவையார் கூறியதை இங்கு நினைவு கூர்ந்து போற்றத்தக்கது. வங்கியில் பணியாற்றும் அலுவலர் பெயரைக் கேட்டபோது தம்முடைய பெயரைக் கூட மறந்து நின்ற தாமஸ் ஆல்வா எடிசனும், தமக்கு வைத்திருந்த உணவைத் தம் நண்பர் உண்டு சென்று விட்ட பின்னரும், தாமே உண்டு மறந்து விட்டதாக எண்ணிய அறிவியல் அறிஞரும், தாய்ப் பூனைக்கு அமைத்த வழியே குட்டிப் பூனையும் செல்ல முடியும் என்று மிகச் சாதாரண செய்தியைக்கூடப் புரிந்துகொள்ளாமல், குட்டிக்காகத் தனியாக ஒரு வழி அமைத்துக் கொடுத்த ஐசக் நியூட்டனையும், சுற்றிச்சுற்றி நடை தளர்ந்து தாம் அடைய

வேண்டிய இடத்திற்கு வந்து சேர்ந்திருந்தும், செல்ல வேண்டிய விடுதிக்கு எவ்வாறு போவது என்று அறிய முற்பட்ட ஆல்பர்ட் ஐன்ஸ்டீனும் ஆராய்ச்சிச் சிந்தனையில் ஈடுபட்டதனால் தம்மை மறந்து, பசி மறந்து, கண் துஞ்சாது நின்ற நிலையை யார்தான் மறக்க இயலும்? 'கருமமே கண்ணாயினார் எவ்வா றெல்லாம் இருப்பார்?' என்று நாலடியார் பாடலில் கூறப்பட் டிருப்பதை ஈண்டு நினைவு கூர்ந்து போற்றத் தக்கது. இது போன்று அறிவியல் அறிஞரின் வாழ்க்கையில் நிகழ்ந்தவற்றைச் சொல்லிக்கொண்டே போகலாம்.

எவரெஸ்ட் சிகரத்தை எட்டிப்பிடித்த மலையேறும் கூட்டத் தினரின் கதையை இரு வகைகளில் படிக்கலாம். குழுவினர் எந்தெந்த வழிகளில் சென்றனர், என்னென்ன முடிவுகளை மேற் கொண்டனர், என்ன காரணத்திற்காக மேற்கொண்டனர், இறுதியில் வெற்றி எவ்வாறு கிட்டியது என்று அவர்களின் பயணத்தைக் குறிப்பது வரலாற்றுப் பாதை; ஆனால், சென்றவர் களின் மனநிலை என்ன, அவர்கள் நம்பிக்கைக் கனவுகள் தொடக் கத்தில் எவ்வாறு இருந்தன, அடைந்த ஏமாற்றங்கள் யாவை, அவர்களுக்கு ஏற்பட்ட இன்னல்கள், மன உளைச்சல்கள், ஏற முடியாமல் களைப்புற்றிருந்த நாள்கள், இறுதியில் அடைந்த வெற்றிக் களிப்பு என்ற முறையில் அமைப்பது வாழ்க்கைச் சரித முறையாகும்.

இன்றைய கல்வி முறையில் மனித உணர்ச்சிகளுக்கு அதிக இடமில்லை. மாணவர்கள் தேர்வு எழுதி வெற்றி பெறவேண்டி யுள்ளது. இம் முறையில் பாடம் நடத்துவதற்கும் போதிய காலம் இல்லை. எனினும், ஆண்டில் எப்பொழுதாவது ஓர் அறிவியல் அறிஞரது வாழ்க்கை வரலாற்றினைப் படித்து அறிவது சாலச் சிறந்தது. தற்பொழுது உள்ள பாடத்திட்டத்திலும், ஒவ்வொரு வகுப்பிலும் இரண்டு அறிவியல் அறிஞர்களின் வாழ்க்கை வரலாற்றை இணைத்திருப்பதைப் பார்க்கலாம். அத்துடன் நில்லாது, அறிவியல் அறிஞர்களின் கண்டுபிடிப்புகளைப்பற்றிக் கற்பிக்கும்போது, அவ் விஞ்ஞானிகளைப்பற்றிச் சிறிது சுருக்கமாகச் சொல்வது அறிவியல் ஆசிரியரது கடமையுமாகும்.

ஒப்படைப்பு முறை (Assignment Method)

இம் முறையில் பாடப்பகுதி முழுவதும் ஒன்றோடொன்று தொடர்பு ஏற்படுத்தப்பட்டு நன்கு அமைந்த ஒப்படைப்புகளாக (Assignments) அமைக்கப்படுகின்றன. இவை வாரவாரியாக முடிக்கும்படி பிரிக்கப்படுகின்றன. இவற்றைப் பெற்ற மாண

வர்கள் வேண்டிய செய்திகளை நன்கமைந்த நூலகத்தின் துணை கொண்டு சேகரித்துப் பாடப்பகுதிகளை முடித்தல் வேண்டும். மாணவர் அடைந்த தேர்ச்சியினைக் குறித்து ஆசிரியர் அவ்வப் போது தேர்ச்சி அட்டையில் குறிக்கின்றார். தேர்ச்சி அட்டையைப் பார்த்து ஒவ்வொரு மாணவனும் எந்த நிலையில் உள்ளனர் என்று உடனடியாக அறிய முடியும். அதற்கு ஏற்றவாறு பின்தங்கியுள்ள மாணவனுக்குத் தக்க பயிற்சிகள் அளித்தும், முன்னேறுகின்ற மாணவனுக்கு மேற்கொண்டு சில ஒப்படைப்புகளையும் கொடுக்க இயலும்.

ஒப்படைப்புகளை, வீட்டு ஒப்படைப்புகள் (Home Assignments), பள்ளி ஒப்படைப்புகள் (School Assignments) என இரு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். ஆசிரியர் கொடுக்கின்ற வினாக் களுக்கு வீட்டிற்குச் சென்று விடை தயாரித்து வருவதையே வீட்டு ஒப்படைப்புகள் எனப்படுகின்றன. தலைப்பினைக் குறித்துச் சேகரிக்க வேண்டிய தகவல்களைப் பெறும் மேற்கோள் நூல்களை ஆசிரியர் கொடுத்து விடுவார். மாணவர்கள் அவற்றைப் படித் துணர்ந்து பயிற்சிகளுக்கு விடையளித்து, சேகரித்த குறிப்புகளை ஆசிரியரிடம் அளிப்பர். அவை ஆசிரியர்களால் முறையாக மதிப் பிடப்படுகின்றன. சில எளிய சோதனைகள் செய்வதற்கு முன் ஒப்படைப்புகளைக் கொடுத்து அவற்றில் கேட்கப்பட்டுள்ள வினாக் களுக்குரிய செய்திகளைச் சேகரித்த பின்னர் ஆசிரியர் மதிப்பிட்டு, சோதனையைச் செய்யப் பள்ளியில் அனுமதி வழங்குவர். சேகரிக்கப் பட்ட செய்திகளை எழுதி, சோதனைக்கு முன்னதாகவே ஆசிரி யரிடம் கொடுத்து, அவை மதிப்பிட்டுச் சரியானவை என்று அறிந்தால் மட்டுமே சோதனை செய்ய அனுமதிக்கப்படு கின்றது. போதிய செய்திகள் இல்லையாயின், மீண்டும் படித்து அறிந்து பின்னர்ச் சோதனையைச் செய்யுமாறு அறிவுறுத் தப்படுகின்றது. இதுவே பள்ளி ஒப்படைப்பு ஆகும். இம் முறை சிறந்த பயனை அளிக்க வேண்டுமாயின், ஒப்படைப்புகள் மாணவரது சிந்தனையை வளர்க்கும் வகையிலும், அறிவியல் மனப் பான்மையைத் தூண்டும் வகையிலும் அமைத்தல் வேண்டும்.

சிறந்த ஒப்படைப்பின் இலக்கணம்

1. விவாதிக்கின்ற தலைப்பினை ஒட்டியே ஒப்படைப்பு அமைய வேண்டும்.
2. எதைக் காண வேண்டும், என்ன முறையைப் பின்பற்ற வேண்டும், எவ்வாறு விடையிறுத்தல் வேண்டும் என்பதைக் குறிக்கும் வகையில் மிகவும் சுருக்கமாகவும், தெளிவாகவும் குறிப்பிட்டு இருக்க வேண்டும்.

3. மாணவரது சிந்தனையைத் தூண்டும் வகையில் பயிற்சிகள் அமைய வேண்டும். வழக்கமாகக் கொடுக்கப்படும் பயிற்சியிலிருந்து மாறுபட்டு, மாணவர்களது சிந்தனைக்குச் சவால் விடுவது போல் அமைதல் வேண்டும்.

4. மாணவரது வயதுக்கும், அறிவு வளர்ச்சிக்கும், திறமைகளுக்கும், ஆர்வத்துக்கும் ஏற்ப ஒப்படைப்பு அமைதல் வேண்டும்.

5. பொதுவாக ஒப்படைப்புகளை மாணவரே தேர்ந்தெடுப்பது நல்லது. குழுவாக மாணவர்கள் சேர்ந்து செய்வதாயின், ஒப்படைப்பின் கடினமான பகுதிகளைத் திறமை படைத்த மாணவரும், சுலபமான பகுதிகளை மற்றவர்களும் தேர்ந்தெடுக்கலாம்.

6. பள்ளி ஒப்படைப்புகளில் சோதனைகளை ஈடுபடுத்தும்போது, பயன்படுத்தும் சோதனைக் கருவிகளின் அமைப்பையும், என்னென்ன முன்னெச்சரிக்கைகள் கொடுக்க வேண்டும் என்பதையும், எம்முறையைப் பின்பற்ற வேண்டும் என்பதையும் விளக்கமாக அமைத்தல் வேண்டும்.

பயன்படுத்தும் முறை

இம் முறை உயர்நிலைப்பள்ளி மாணவருக்கு ஏற்றது. இம் முறையின் வெற்றி நன்கு அமைக்கப்பட்ட ஒப்படைப்புகளையும், ஆய்வகத்தையும், நூலகத்தையும் பொறுத்தே அமையும். எந்த மாணவனையும் மற்ற மாணவனின் குறிப்புகளைப் பார்த்து எழுதுவதைத் தவிர்க்கும்படிச் செய்ய வேண்டும். முதல் பயிற்சி முடித்த பின்னரே அடுத்த பயிற்சிக்குச் செல்லுமாறு செய்ய வேண்டும்.

ஒப்படைப்புக்கு எடுத்துக்காட்டு

தலைப்பு: அமிலமும் காரமும்

தயாரிப்பு

(1) தனிமம், கூட்டுப்பொருள் என்றால் என்ன?

(2) அமிலம் என்பது எந்த வகையைச் சாரும்?

(3) அதிகமாகப் பயன்படுத்தும் அமிலங்களின் பெயர்களையும், அவற்றின் குறியீடுகளையும் அறிந்து எழுதுக.

(4) பொதுவாக ஆய்வகத்தில் பயன்படுத்தும் அமிலங்கள் யாவை? அவை எந்தெந்த உணவுப்பொருள்களில் உள்ளன?

(5) அமிலங்களின் பொதுவான பௌதிகத் தன்மைகள் யாவை?

(6) கொடுக்கப்பட்டுள்ள திரவம் அமிலம் என எவ்வாறு சுலபமாக அறிந்துகொள்ள இயலும் ?

(7) ஆய்வகத்தில் பயன்படுத்தும் காரங்களின் பெயர்களையும், அவற்றின் குறியீடுகளையும் அறிந்து எழுது.

(8) சாதாரணமாக உபயோகப்படுத்தப்படும் காரங்களின் இரசாயனப் பெயர்களையும், அவற்றின் சாதாரணப் பெயர்களையும் எழுதுக.

(9) காரங்களின் இரசாயனக் குணங்கள் யாவை?

(10) கொடுக்கப்பட்டுள்ள திரவம் காரமா அல்லது அமிலமா என எவ்வாறு அறிவாய்?

இவற்றிற்குரிய சரியான செய்திகளைச் சேகரித்து எழுதிய பின் ஆய்வக வேலைக்கு அனுமதிக்கப்படுவர்.

ஆய்வக வேலை

கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள திரவங்களில் அமிலம் உள்ளதா அல்லது காரம் உள்ளதா எனக் கண்டறிந்து அட்டவணைப்படுத்து.

வடிகட்டிய நீர், வினிகர் (Vinegar), எலுமிச்சம் பழச்சாறு, ஹைடிரோகுளோரிக் அமிலம், சுண்ணும்பு நீர், சோடியம் ஹைடிராக்ஸைடு, அமோனியம் ஹைடிராக்ஸைடு, உப்பு நீர், சோடா உப்பு, இரத்தம்.

1. எந்தெந்தப் பொருள்கள் அமிலத்தன்மை உடையவை ?
2. எந்தெந்தப் பொருள்கள் காரத்தன்மை உடையவை ?
3. எவை இரண்டுமே அல்லாதவை?

வகுப்பறை விவாதம் (Classroom Discussion)

இலக்கணப்படி விவாதம் என்பது ஏதாவது ஒரு பொருளைப் பற்றிப் பல கோணங்களில் இருந்து பேசுவதையே குறிக்கும். ஆனால், ஆசிரியர்கள் வகுப்பறைகளில் வினாக்களைத் தொடுத்துப் பேசப்படும் எல்லா வகையான செயல்களையும், ஏதாவது ஒரு பொருளைப்பற்றி விரிவுரையாற்றுவதையும், பிரச்சினைகளை அணுக எந்தெந்த முறைகளைப் பின்பற்றலாம் என்பது பற்றி விளக்கங்கள் சொல்வதையும் 'விவாதித்தல்' என்றே தவருகப் பொருள் கொள்கின்றனர். ஆனால், இவை ஒவ்வொன்றிற்கும் ஒரு குறிப்பிட்ட பலன் உண்டு. இதை அறிந்துகொள்ளாமல் வகுப்பறைகளில் அர்த்தமற்ற பேச்சுகளிலேயே காலத்தைக் கழிக்கின்றனர்.

விவாதம் என்பதில் ஒவ்வொரு மாணவனுக்கும் தனது கருத்தைச் சொல்ல உரிமை உண்டு. ஆனால், இதில் ஈடுபடும் மாணவர்களுக்குத் தங்கள் கருத்துகளைச் சொல்ல அப் பொருளைப் பற்றிய அடிப்படை அறிவு இருத்தல் வேண்டும். ஏதும் அறியாமல் விவாதம் என்பது நடைபெற இயலாத ஒன்று. விவாதத்தின் போது ஆசிரியர் தமது கருத்தை வலியுறுத்தவோ, மற்றவர்களது கருத்துகளை மாற்றவோ முனைவாரானால், அதற்கு விரிவுரை என்று பெயராகிவிடும்.

வகுப்பறையில் விவாதங்களைச் சிறப்பாக அமைப்பது என்பது எளிதான காரியமல்ல. முக்கிய கருத்தில் விவாதத்தை நிலை நிறுத்தவும், அதிலிருந்து நழுவி விடாமல் இருப்பதற்குப் பொருத்தமற்ற கருத்துகளை அகற்றுவதும், விவாதத்தை ஒரு சில மாணவரே முன்னின்று நடத்தாமல். எல்லா மாணவரும் பங்கு பெறும் வகையில் அமைப்பதும் ஆசிரியரது திறமையைப் பொறுத்தும், சரியாகத் திட்டமிடுதலைப் பொறுத்தும் அமையும்.

வகுப்பறையில் விவாதங்களைக் கீழ்க்கண்ட நேரங்களில் பயன் படுத்தலாம்:

1. பாடப்பகுதியைத் தொடங்கும்போது விவாத முறையைப் பின்பற்றுதல் : 'உராய்வு' என்பது வேகத்திற்குத் தடையாய் அமைவது. உராய்வினால் ஏற்படும் பலன்கள், தீமைகள் என்ன? உராய்வைக் குறைப்பது எப்படி? உராய்வைக் குறைப்பதற்கு வாகனங்களில் என்னென்ன முறைகளைக் கையாளுகின்றனர்? போன்ற முறையில் வினாக்களைத் தொடுத்து மாணவரைச் சிந்திக்கச் செய்யலாம். இத் தலைப்பினைப்பற்றிச் செய்திகள் போதிய அளவு அறிய வேண்டுமாயின், மாணவர்களுக்கு வேண்டிய நூல்களைக் கொடுத்துப் படிக்கச் செய்து மீண்டும் விவாதம் செய்யலாம். ஒவ்வொரு பாடப்பகுதியைக் கற்பிக்கும்போதும் தொடக்கத்திலேயே இம் முறையைப் பயன்படுத்தலும் இயலாது. ஏனெனில், விவாதம் செய்வதற்குப் போதிய அடிப்படைச் செய்திகள் ஓரளவாவது மாணவர் அறிந்திருத்தல் வேண்டும்.

2. செயல்திட்டங்களில் ஈடுபடு முன்னர்த் திட்டமிடுவதற்கு விவாதித்தல் : ஆசிரியரது அறிவுரைகள் குறைவாகக் கிடைக்கும் போது மாணவர்கள் ஒன்றுகூடி, திட்டங்களைச் செயற்படுத்த வேண்டிய முறைகளையும், முடிவுகள் மேற்கொள்ளவும், கடமைகளைப் பிரித்துக் கொடுக்கவும் விவாதித்தல் அவசியமாகிறது.

3. சோதனைகள் செய்து முடித்த பின்னர், சோதனையின் முடிவுகள் குறித்து விவாதித்தல் : சோதனைகளில் ஈடுபட்டு நேரிடை அனுபவம் பெற்று, விவரங்கள் சேகரித்து, முடிவுகளையும் ஆராய்ந்ததன் காரணமாகப் பாடப் பொருளைப்பற்றிய தெளிவான அறிவைப் பெறுகின்றனர். ஆகவே, அவர்கள் ஒன்றுகூடி விவாதிப்பதற்குத் தேவையான அறிவு ஏற்பட்டமையால் விவாதம் சிறப்பாக அமையும். சில நேரங்களில் சோதனையின் முடிவு எதிர்பார்த்த வகையில் சரியான விடையாக வராவிடில், சரியான விடை வராததன் காரணத்தை அறிய விவாதிக்கலாம். சோதனை செய்வதில், செய்த சோதனை எவ்வாறு கொள்கைகள் அடிப்படையிலிருந்து (Ideal Conditions) மாறுபட்டுள்ளது என்றும் விவாதிக்கலாம்.

4. பாடப்பொருளைப்பற்றிக் கற்று அறிந்ததைத் தொகுத்துக் கூறுவதற்கும் மறுபரிசீலனை (Review) செய்வதற்கும் விவாதித்தல்: பாடப் பகுதிகளைப் பல பிரிவுகளாகப் பிரித்து, ஒவ்வொரு பிரிவையும் பற்றி ஆராய ஒரு குழு மாணவர்கள் ஈடுபடுத்தப்பட்ட பின்னர், அவர்கள் கற்று அறிந்ததை விவாதித்து, தொகுத்து,மற்ற அனைவருக்கும் அதைப்பற்றிய விளக்கத்தைக் கொடுக்கலாம். ஆகவே, இந்த முறையிலும் விவாத முறை சிறந்த பயனளிக்கும்.

விவாதங்களை எவ்வாறு தொடங்கி நடத்தி வைப்பது ?

வகுப்பறையில் நடக்கும் விவாதங்களுக்கு ஆசிரியரே நடுவராக (Moderator) அமைதல் வேண்டும். அவருடைய வேலைகளைப் பின் வருமாறு அமைக்கலாம்:

1. விவாதம் தேங்கி விடாமல் தொடர்ந்து நடை பெறுமாறு செய்தல் வேண்டும்.
2. எந்தப் பொருளைப்பற்றி விவாதிக்க வேண்டுமோ, அதைப் பற்றி மட்டும் அமையுமாறு பார்த்துக்கொள்ளுதல் வேண்டும்.
3. எல்லா மாணவரையும் விவாதத்தில் ஈடுபடுத்துதல் அவசியம்.
4. ஒரு சில மாணவர்கள் மற்றவர்களை அடக்கி முன்னின்று விவாதத்தைக் கொண்டு செல்வதைக் கட்டுப்படுத்த வேண்டும்.
5. மாணவர் சொன்ன புதிய செய்திகள் எல்லாவற்றையும் ஒத்துக் கொள்ளலாம்.
6. அர்த்தமற்ற விவாதங்களைத் தடுத்து நிறுத்துதல் வேண்டும்.

7. விவாதித்து அறிந்த முடிவைச் சுருக்கிச் சொல்லவும், மேற்கொண்டு அறிய வேண்டிய செய்திகளைப்பற்றி அறிவிக்கவும் செய்யலாம்.

8. மாணவரது ஆர்வம் குன்றிய போதில் உடன் விவாதித்தலை நிறுத்துதல் வேண்டும்.

மாணவர்களை விவாதத்தில் ஈடுபடுத்தும்போது அவர்களுக்கு விவாதிக்கவேண்டிய பொருளைப்பற்றிச் சிறிதளவாவது அடிப்படை செய்திகள் தெரிந்திருக்க வேண்டும். மாறுபட்ட கருத்துடைய தலைப்புகள் விவாதிப்பதற்கு ஏற்றவை. 'காபி குடிப்பதால் ஏற்படும் விளைவுகளை'ப் பற்றியும், 'இந்தியா அணுகுண்டை வெடித்து அணு ஆயுத வல்லரசுகளுள் ஒன்றானது நன்மை பயக்குமா?' என்ற அண்மைக்காலத் தலைப்பாகவும் (Current events), அல்லது, சோதனையில் கிடைத்த முற்றிலும் மாறுபட்ட முடிவுகளைப்பற்றியும் விவாதமாக அமையலாம். மற்ற முடியாத முடிவுகள் ஏற்பட்ட தலைப்புகளைப்பற்றி விவாதிப்பதில் செய்திகளை வரிசைப்படுத்திச் சொல்வதுதான் இருக்குமே தவிர, விவாதம் என்பதற்கு இடம் இல்லை. விவாதம் நடத்துதற்கு வகுப்பறையையும் சிறிது மாற்றி அமைத்து மாணவர்கள் ஒருவரை மற்றவர் பார்க்குமாறு அமைக்கலாம்.

இதே போன்று மாணவர் முன்னின்று நடத்தும் வகுப்பறை விவாதங்களுக்கும் (Pupil-led discussions) ஏற்பாடு செய்யலாம். இதில் எல்லா மாணவர்களின் நன்மதிப்பைப் பெற்ற மாணவர் ஒருவர் முன்னின்று விவாதத்தைத் தொடங்கிவைத்து நடத்தலாம். ஆசிரியர் செய்ய வேண்டிய வேலைகள் அனைத்தையும் இம் மாணவர் செய்து முடிப்பர். பொதுவாக, சிறு குழுக்களாகப் பிரிந்து கற்ற அனுபவங்களையும், செய்திகளையும், சேகரித்த தகவல்களைப்பற்றிச் சுருக்கி விவாதிக்கவும், அமைக்கும் கட்டங்களைச் சிறப்பாக நடத்துவதற்கும் மாணவர் தலைமை ஏற்று நடத்தலாம்.

குழு கற்பிக்கும் முறை (Team Teaching)

குழு கற்பிக்கும் முறை என்பது மூன்றுக்கு மேற்பட்ட ஆசிரியர்கள் இணைந்து ஒரு பாடத்தைத் திட்டமிட்டுக்கற்பித்தல் ஆகும். இக் குழுவில் மூன்று முதல் ஆறு ஆசிரியர்கள் அமையலாம். கற்பிக்கும் பாடத்தின் நோக்கங்களையும், வகுப்பின் அளவையும், கற்பிக்கத் தேவையான வசதிகளையும் பொறுத்து இம் முறையை அமைக்கலாம். அறிவியல் கற்பிக்கும் ஆசிரியர்கள் நான்கு பேர்

ஒன்றுகூடி விவாதித்த விரிவுரைக்கும் அதனைத் தொடர்ந்து சிறு சிறு பிரிவுகளாக மாணவர் பிரிந்து விவாதித்துக் கற்பதற்கும், நூல் நிலைய வேலைக்கும், அன்றாட வேலைகளுக்கும், மதிப்பீடு செய்வதற்கும் திட்டமிடுகின்றனர். குழுவில் ஈடுபட்ட ஒவ்வோர் ஆசிரியருக்கும் ஒரு வேலை அளிக்கப்படுகிறது. ஓர் ஆசிரியர் நான்கு வகுப்பு மாணவர்களுக்கும் சேர்த்துத் தேர்வுகளைத் தயாரிக்கிறார். அவர் தயாரித்த தேர்வுத்தாள் மாணவருக்குக் கொடுக்கு முன் குழுவில் ஈடுபட்ட அனைவராலும் சரி பார்க்கப்படுகிறது. மற்றோர் ஆசிரியர் பாடத்திற்குத் தேவையான எல்லா ஆய்வகச் சோதனைகளையும் தயாரிக்கிறார். மூன்றாவது ஆசிரியர் பாடத்திற்குத் தேவையான இக் கருவிகளையும், மாணவருக்குக் கொடுக்கும் விளக்கக் குறிப்புகளையும் தயாரிக்கிறார். பாடத்தை வகுப்பில் விரிவுரை நடத்து முன் எல்லா ஆசிரியர்களும் கலந்து உரையாடி, கற்பிக்கும் கருத்துகளின் அளவை நிர்ணயிக்கின்றனர். விரிவுரை நிகழ்த்தும் நாளன்று நான்கு வகுப்பு மாணவர்கள் அனைவரையும் ஒன்று திரட்டி ஓரிடத்தில் அமரச் செய்து, நான்காவது ஆசிரியர் விரிவுரைமூலம் கற்பிக்கின்றார். விரிவுரை செய்யும் ஆசிரியர், தாம் கற்பிக்கும் பாடத்திற்குத் தேவையான குறிப்புகளைத் தயாரித்து மற்ற ஆசிரியர்களுக்கும் அளிக்கிறார். விரிவுரை நடத்தும்போது மாணவர்கள் அனைவரையும் கவனிக்கும் பொருட்டு வேறோர் ஆசிரியர் மட்டுமே இருப்பார். மற்றவர்கள் தங்கள் வேலைகளைக் கவனிக்கச் சென்று விடலாம். இம் முறையில் பாடங்கள் நான்கு வகுப்புகளுக்கும் நான்கு முறை தனித்தனியாகக் கற்பிப்பதற்குப் பதிலாக ஒரு முறை எல்லோருக்கும் பொதுவாகக் கற்பிக்கப்படுகிறது. அதுமட்டுமன்றிக் கற்பிக்கும் பாடப்பொருளும் மற்ற ஆசிரியர்களுடன் கலந்து உரையாடி, விவாதித்து, சிறந்த முறையில் தயாரித்து அளிக்கப்படுகிறது. விரிவுரை நடந்து முடிந்த பின்னர் மாணவர்களைச் சிறு சிறு பகுதிகளாகப் பதினைந்து அல்லது இருபது பேர்களாகப் பிரிக்கப்பட்டு, விரிவுரையில் நடத்திய பகுதியை மையமாகக் கொண்டு விவாதங்கள் நடத்தப்படுகின்றன. இப்போது குழுவில் ஈடுபட்ட அனைத்து ஆசிரியர்களும் பிரிந்து, சிறு சிறு குழுக்களை மேற்பார்வையிட்டு நடத்திச் செல்கின்றனர்.

இம் முறையில் கற்பிக்கும்போது ஆசிரியர்களுக்கும், மாணவர்களுக்கும் பெரும்பயன் விளைகிறது. கற்பித்தல் நன்கு திட்டமிடப்பட்டு நடத்தப்படுவதாலும், ஆசிரியர்களின் திறமைக்கேற்ப ஒவ்வொரு வேலையும் அளிக்கப்படுவதாலும், இத் திட்டம் நல்ல பயனை அளிக்கிறது. ஆசிரியர்களது வேலைப்பளுவும் மிகுந்த அளவில் குறைகிறது. அதனால் குறிப்பிட்ட ஆசிரியர் தமக்கு அளித்த

வேலையையொட்டி, அதிக அளவில் குறிப்புகள் தயாரிக்கவும், சோதனைகளை அமைக்கவும் இயலும். ஆசிரியர்கள் ஒவ்வொருவரும் நன்கு கலந்து கருத்துப் பரிமாற்றம் செய்துகொள்ள முடிகிறது. கற்பிக்கும் திறமை படைத்த ஆசிரியர்கள் போதிய அளவில் இல்லாதபோதும், அதிக மாணவர்களுக்குக் கற்பிக்கும்போதும் இம் முறை சிறந்த பயனளிக்கும்.

குழுவில் ஈடுபட்ட ஆசிரியர்களின் திறமையைப் பொறுத்தே இம் முறையின் வெற்றி அமையும். தனிப்பட்ட ஆசிரியரது திறமையையும், ஆளுமைப் பண்புகளையும் தெளிவாக உணர்ந்த பின்னரே குழுவில் அவரை இணைத்தல் வேண்டும். சில ஆசிரியர்கள் மற்றவரைக்காட்டிலும் நன்றாக விரிவுரை செய்து, கருத்துகளைத் தெளிவுபடுத்துவர். சிலர் சோதனைகளை அமைப்பதில் திறமை பெற்று விளங்கலாம். சிலர் நல்ல காட்சிக் கருவிகளை (Visual Aids) தயார் செய்வதில் வல்லவராயிருக்கலாம். வேறு சிலர் வினாக்கள் தயாரிப்பதிலும், மதிப்பீடு செய்வதிலும் சிறந்து விளங்கலாம். ஆகவே, குழுவில் இணைந்த ஆசிரியர்களுக்கு அவரவர் திறமையுடன் செயலாற்றும் பணியை அளித்தல் வேண்டும். குழு முறையில் கற்பிக்கும்போது, ஆய்வக வேலையை விரிவுரைமூலமாகக் கருத்துகளை விளக்கிக் காட்டவே பயன்படுத்த இயலும் என்று எண்ணுதல் கூடாது. இம் முறையிலும் மாணவரது கண்டுபிடிக்கும் ஆற்றலை வளர்க்கச் சிறுசிறு பிரிவுகளாகப் பிரிந்துசெல்லும்போது வாய்ப்புண்டு என்பதை உணரவேண்டும்.

திட்டமிட்டுக் கற்பித்தல் (Programmed Instruction)

அண்மைக் காலமாக மாணவர்கள் சுயமாகவே கற்றுக் கொள்ளும் சில கருவிகள் (Auto-instructional Tools) உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. பொத்தானை இயக்கியவுடன் தொலைக்காட்சித் திரையில் ஒரு வினா தோன்றுகிறது. அவ் வினாவுக்குரிய விடையை மாணவன் சொன்னவுடன் சரியான விடையாயின் பாராட்டுக் கூறி, அடுத்த வினாவிற்குச் செல்கிறது. மாணவன் சொல்லிய விடை தவறாயின், அவ் வினாவுக்குரிய விடையை விளக்கிக் கற்பித்து விட்டு, மீண்டும் ஒரு பயிற்சி கொடுத்து அதற்குச் சரியாக விடையளித்தபின் மேற்கொண்டு புதிய பகுதிக்குச் செல்கிறது. இக் கருவி அண்மைக் காலமாகக் கல்வித்துறையில் பெரும்புரட்சி ஏற்படுத்தியுள்ளது. இக் கருவிக்குக் 'கற்பிக்கும் இயந்திரம்' (Teching Machine) என்று பெயர். இக் கருவியைப் பயன்படுத்தும் தத்துவம் என்ன?

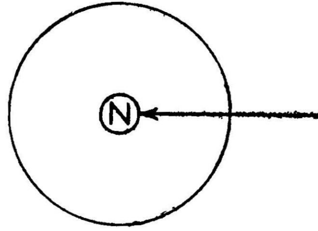
உளவியல் ஆய்வகங்களில் உள்வியல் அறிஞர்களால் இம் முறைக்கு வித்திடப்பட்டது. உளவியல் அறிஞர் ஸ்கின்னர்

(B. F. Skinner) என்பவரையே கற்பிக்கும் இயந்திரத்திற்குத் தந்தை எனலாம். கற்பிக்க வேண்டிய அறிவைத் தர்க்க ரீதியாக (Logical Sequence) சிறுசிறு பகுதிகளாகப் பிரித்துக் கொண்டு அவற்றைச் சிறிதுசிறிதாக மாணவர்களுக்கு அளித்து மனதில் பதியச் செய்தால் எவ்விதத் தவறும் நிகழ்வதற்கு இடமில்லை என்பது அன்னாரது கருத்து. மாணவர்கள் ஒவ்வொருவரும் தனித் தனியாக, அவரவர்கள் கற்கும் வேகத்திலேயே செல்ல இம் முறையில் வாய்ப்பளிக்கப்படுகின்றது. மாணவருக்குக் கேட்கப் படும் வினாவிற்குரிய விடையை அவர்கள் சொல்லும்போது 'சரியா' அன்றித் 'தவறா' என்று அறிந்துகொள்ளவும், தவறு என்றால் உடனுக்குடன் சரியான விடையையும் கொடுக்கப்படு வதால், அதை அறிந்து அவ்வப்போது கற்ற செய்திகளை மனதில் நிலைபெறச் செய்யவும் வாய்ப்பு ஏற்படுகின்றது. இது போன்று அமைக்கப்பட்ட நிகழ்ச்சிக்குத் 'திட்டமிட்டுக் கற்றல்' (Programmed Learning) என்று பெயர். இது போன்று திட்டமிட்டு அமைக்கப்பட்ட நிகழ்ச்சியினைத் தொடர்ச்சியாகப் புத்தக வாயி லாகவோ, படக்காட்சி வாயிலாகவோ, தொலைக்காட்சி வாயிலா கவோ, வானொலி வாயிலாகவோ அமைக்கப்படலாம்; இயந்திரம் மூலம் அமைக்கப்படும் நிகழ்ச்சிக்குக் 'கற்பிக்கும் இயந்திரம்' (Teaching Machine) என்று பெயர்.

இத் திட்டமிட்டுக் கற்பித்தலில் இரு முறைகள் பின்பற்றப் படுகின்றன. தொடர் நீளமுறை (Linear Programme) என்றும், மற்றொன்றில் கிளை முறை (Branching Programme) என்றும் உள்ளன. வினாவை எழுப்பி வினாவுக்குரிய விடையை மறைத்து வைத்து, மாணவர் அளிக்கும் விடை சரியாயின் 'சரி' என்று மேலே செல்வதும், தவறாயின், சரியாகக் கொடுக்கப்பட்டுள்ள விடையை அறிந்து மேலே செல்வதும் தொடர் நீள முறை ஆகும். மாணவன் விடை தவறாக அளித்தால், தவற்றைத் திருத்திப் பின் மேலும் அதில் சில குறை நீக்கப் பயிற்சிகள் (Remedial Items) கொடுத்து, தெளிவு பெற்றபின் மேற்கொண்டு செல்லும் முறை கிளை முறை ஆகும்.

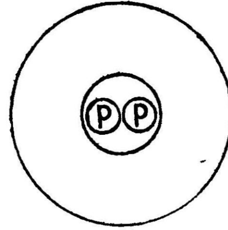
அறிவியலில் மாணவர் சோதனை செய்து கற்க வேண்டுமே யல்லாது, இம் முறையைப் போன்று செய்திகளைப் படித்து அறிந்து ஊகித்து அறிவது அறிவியல் கற்பதற்குப் பொருந்தாது. எனினும், இம் முறையையும் ஏதேனும் ஓரிரு பாடங்களுக்கு வகுப்பில் கற்பிக்கும் பிற முறைகளுடன் பயன்படுத்தலாம். எடுத் துக்காட்டாக, அணுவினைப்பற்றிக் கற்பிக்கப் பின்கண்டவாறு இம் முறையையும் அமைக்கலாம்:

1. உலகிலுள்ள பொருள்கள் அனைத்தும் அணுக்களினாலும், மூலகங்களினாலும் ஆனவை. அணு என்பது மிகச் சிறிய பொருள். அதன் நடுவில் உட்கரு உள்ளது. படத்தில் அம்புக்குறி காட்டுவது.......................



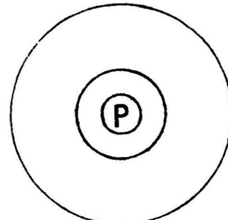
உட்கரு

2. உட்கருவில் புரோட்டான்கள் என்ற பொருள்கள் உள்ளன. படத்தில் உள்ள அணுவின் உட்கருவில் இரண்டு.................... உள்ளன.



புரோட்டான்கள்

3. படத்திலுள்ள ஹைடிரஜன் அணுவில் உள்ள புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை................. ஆகும்.

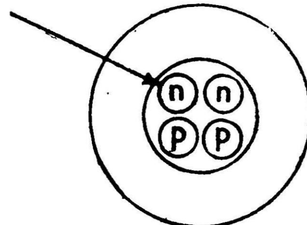


ஹைடிரஜன்

1

4. பல அணுக்களில், உட்கருவில் புரோட்டான்களுடன்கூட நியூட்ரான்களும் உண்டு.

ஹீலியம் அணுவின் உட்கருவில் இரண்டு புரோட்டான்களும், இரண்டு.................................. உண்டு.



ஹீலியம்

நியூட்ரான்கள்

5. புரோட்டான்களும், நியூட்ரான்களும் அணுவின் ....
...... இருக்கின்றன.

உட்கருவில்

இதே போன்று மேலும் தொடர்ச்சியாகச் சிறு சிறு பகுதிகளாகப் பாடக் கருத்தைப் பிரித்துக்கொண்டு, மாணவருக்குக் கற்பித்தும், மாணவர் தொடர்ச்சியாகக் கற்றுக்கொண்டும், மனதில் கற்றதை நிலைநிறுத்தியும் செல்கின்றனர். ஆகவே, திட்டமிட்டுக் கற்பித்தல் என்பது ஒரு கர்ட்சிக் கேள்விக்கருவி அல்ல; வழக்கமாக நடத்தப்படும் ஒரு சோதனையும் அல்ல; ஆசிரியரை நீக்கும் கருவியுமல்ல என்பதை நன்குணர வேண்டும்

திட்டமிட்டுக் கற்பிக்கும் முறையின் சிறப்புகள்

1. இதில் கற்பவர் எப்போதும் சுறுசுறுப்பாக இருக்கிறார்.
2. கற்பவருக்கு அடிக்கடி கற்கத் துணை செய்யவும், தாம் கற்றுக்கொண்டது சரியா, தவறு என்று சொல்லவும், தவறாயின் சரியான விடையைக் கற்பிக்கவும் வசதிகள் உடனுக்குடன் அமைக்கப்படுவதால், அவ்வப்போது தெளிவு ஏற்படுகின்றது.
3. பாடப்பகுதிகள் சிறிதுசிறிதாகப் பிரிக்கப்பட்டு, 'தெரிந்தவற்றிலிருந்து தெரியாதவற்றிற்குப் போதல்' என்ற கருத்தின்படி அமைக்கப்படுகிறது.
4. ஒவ்வொருவரும் அவரவருடைய வேகத்தில் கற்க முடிகிறது'

பயிற்சி வினாக்கள்

1. 'கண்டறி முறை' என்றால் என்ன? இம் முறையில் உள்ள முறைகள் யாவை ? இம் முறையை எவ்வாறு மாற்றி அமைத்தால் அறிவியல் கல்வியைச் சிறப்பாக்க முடியும் ?
2. அறிவியல் கற்பித்தலில் ஆய்வக முறை எவ் வகைகளில் சிறந்ததெனக் கருதப்படுகிறது? உயர்நிலைப்பள்ளி வகுப்பிலிருந்து

ஓர் ஆய்வகப் பயிற்சியினைத் தேர்ந்தெடுத்து, அது எந்த அளவுக்கு உண்மையான சோதனையாகும் என்பதனை ஆராய்க. அப் பயிற்சி சிறந்த சோதனைக்குரிய நுட்பத்தைப் பெற வேண்டுமாயின், அதனை மாற்றி அமைத்து எழுதுக.

3. குழு சுழற்சித் திட்டத்தில் சில சோதனைகளை அமைத்து, மாணவர்கள் சோதனைகளில் ஈடுபடும்போது மேற்பார்வையிடும் முறையினை நேரிடையாக அறிந்துகொள்ளவும்.

4 சோதனைச்சாலைப் பயிற்சி என்பது அறிவியல் கற்றலின் நோக்கங்களை அடைவதால் எவ்வாறு உதவுகிறது? இம் முறையைப் பயனுள்ள முறையில் எவ்வாறு ஏற்பாடு செய்வீர்?

5. சோதனைகள் சிறப்பாக அமைவதற்குப் பொருந்தும் பொதுக் கொள்கைகள் யாவை? பயனுள்ள முறையில் செயல்முறை வேலையினை உயர்நிலைப்பள்ளியில் எங்ஙனம் அமைப்பீர்?

6. பாடப்புத்தகங்கள், ஆய்வக வேலைக் குறிப்பேடுகள், ஆய்வகச் செய்முறைக் குறிப்பேடுகள் ஆகியவற்றை அறிவியல் கற்பித்தலில் பயன்படுத்தும்போது மேற்கொள்ள வேண்டிய அடிப்படைக் கோட்பாடுகள் யாவை?

7. அறிவியல் கற்பித்தலில் செயல்திட்ட முறையினை எந்த அளவிற்குப் பயன்படுத்த இயலும்? உயர்நிலைப்பள்ளி மாணவர்களுக்கு அறிவியல் செயல்திட்டம் ஒன்றினை எவ்விதம் நடத்துவீர் என்று விளக்குக.

8. மேற்பார்வைப் படிப்பின் பலன்கள் யாவை? மேற்பார்வைப் படிப்பினைப் பொருளறிவியல் பாடம் கற்பித்தலில் எங்ஙனம் மேற்கொள்வீர் என்பதனை விளக்குக.

9. 'வரலாற்று முறையில் அறிவியலைக் கற்பித்தல்' என்றால் என்ன? எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்குக.

10. அறிவியல் அறிஞர்களின் வாழ்க்கைச் சரிதைகளை அறிவியல் பாடத்திட்டத்தில் புகுத்துவதன் அவசியம் என்ன?

11. வகுப்பில் விவாத முறையை எவ்வாறு பயன்படுத்த இயலும்?

12. அறிவியல் கற்பித்தலில் ஒப்படைப்பு முறையினால் ஏற்படும் நன்மைகள் யாவை? எந்த அடிப்படையில் ஒப்படைப்புகளைத் தயாரித்து மாணவர்களுக்கு அளித்தல் வேண்டும்?

13. அறிவியல் கற்பிக்கும் ஆசிரியர்கள் ஒன்று கூடி குழு கற்பிக்கும் முறையைப் பயன்படுத்தி, அம் முறையில் ஏற்படும் விளைவுகளை ஆராய்க.

14. ஏதாவதொரு தலைப்பின்கீழ்த் 'திட்டமிட்டுக் கற்பித்தல்' முறையைப் பின்பற்றி, அதனால் மாணவர் கற்ற செய்திகளை அடைவுச் சோதனை ஒன்று நடத்தி முடிவை அறிக. அதே தலைப்பினை வேறு வகுப்புக்குப் பிறமுறைகளைப்பயன்படுத்திக் கற்பித்து அதே அடைவுச்சோதனையைக் கொண்டு அளவிடுக. இரண்டு முறைகளின் பயன்களை ஒப்பிட்டு அறிக.

6. இணைத்துக் கற்பித்தல்

கல்வி ஏற்பாட்டில் (Curriculum) பல பாடங்கள் சேர்க்கப்பட்டுக் கற்பிக்கப்படுகின்றன. ஒரு பாடம் கற்பதனால் மாணவருக்கு வளரும் திறன்களும், மனப்பான்மைகளும் மற்றப் பாடங்களுக்கு இயற்கையாகவே கொண்டு செல்லப்படுவதில்லை. கற்ற அறிவினைக் காரண காரிய அடிப்படையில் தர்க்க ரீதியாக அமைத்துக்கொள்ளவும், எந்தச் செய்தியைப்பற்றியும் தெளிவாகவும், சரியாகவும் புரிந்து கொள்ளவும், பொருள்களைச் சுத்தமாகவும் அழகாகவும் அமைப்பதுமான பொதுவான திறங்களும், பண்புகளும் ஒரு பாடத்திற்கு மட்டும் உரித்தான தன்மையல்ல. இவையனைத்தும் எல்லாப் பாடங்களுக்கும், ஏன் வாழ்க்கைக்கேகூடத் தேவையானவை. பொதுவான அறிவை, நம்முடைய வசதிக்கேற்பப் பள்ளிகளில் பல பாடங்களாகப் பிரித்து அறிவியல் அறிவு, வரலாறு அறிவு, மொழியறிவு, கணித அறிவு என்றெல்லாம் அமைக்கப்பட்டிருக்கிறதேயன்றி, இவையனைத்தும் தனித்தனியாகத் தொடர்பின்றிச் செயல்படுவதற்காக அல்ல. அறிவு என்பது முழுமையான (Integrated) ஒன்று. அதைக் கற்பிக்கும்பொருட்டு வசதிக்காகப் பிரித்து இருப்பதை நிரந்தரமாக ஆக்கித் தனித்தனி அறைகளில் (Watertight Compartments) அமைப்பது விவேகமாகாது. அவை ஒவ்வொன்றுக்குமுள்ள தொடர்பினை அறியச் செய்வதே கற்பித்தலில் இன்றியமையாததாகும். உயிரியல் (Biology) பற்றிய பாடப்பகுதியைக் கற்பிக்கும்போது அவ்வறிவு பொருளறிவியல் (Physical Sciences) பாடங்களுடன் எவ்வாறு தொடர்பு கொண்டுள்ளது என்று கற்பிக்காமல் இருத்தல் இயலாது. ஆகவே, இணைத்துக் கற்பித்தல் (Correlated Teaching) என்பது, ஒன்றுக்கொன்று இயற்கையாகவே தொடர்புள்ள பாடப்பகுதிகளை அந்தந்தப் பாட ஆசிரியர் கற்பிக்கும்போது அவற்றிற்கு இடையே உள்ள உயிரோட்டத் தொடர்பினைக் காட்டிக் கற்பித்தலே ஆகும். இது போன்று அந்தந்தப் பாட ஆசிரியர்கள் கற்பிக்கும்போது, மாணவர்களுக்கு இயற்கையாகவே அப் பாடங்களில் கருத்துகள்

நன்கு புலப்படுவதுடன், பாடங்கள் ஒவ்வொன்றும் வேறு பட்டவை அல்ல என்ற எண்ணம் ஏற்பட்டு, அப் பாடங்களில் ஆர்வம் தோன்றுகிறது. பாடப்பொருளும் பலமுறை கேட்பதால், மனதில் நிலைத்து நிற்கிறது. கற்பிக்கும் ஆசிரியர்களுக்கும், அதே பொருளை மற்றோர் ஆசிரியரும் கற்பிப்பதால், கற்பித்தல் எளிதாகின்றது; காலவிரயம் ஏற்படுவதில்லை.

பாடப்பொருள் மற்றப் பாடப் பகுதியுடன் இணைத்துக் கற்பிக்க வேண்டுமாயின், இரண்டு பாடங்களுக்கும் இயற்கையி லேயே தொடர்பு இருத்தல் வேண்டும். செயற்கையாக வலியக் கொண்டு வந்து பாடப்பொருளை இணைத்தல் கூடாது. காந்தி அடிகள் அமைத்த ஆதாரக் கல்வித்திட்டத்தில்கூட ஒரு தொழிலை மையமாகக் கொண்டு, மற்றப் பாடங்கள் அனைத்தையும் அத் தொழிலுடன் இணைத்துக் கற்பிக்குமாறு அமைக்கப் பட்டுள்ளது.

பொதுவாக மூன்று முறைகளில் இணைப்பை ஏற்படுத்தலாம்: பொருளியல் பாடத்தை, அதன் மற்றப் பகுதியான வேதியியலு டனும் அறிவியலின் மற்றப் பகுதியான உயிரியல் பாடத்துடனும் இணைத்துக் கற்பிக்கலாம். இரண்டாவதாக, அறிவியல் பாடத்தைக் கலைத்திட்டத்தில் (Curriculum) இணைக்கப்பட்டுள்ள மற்றப் பாடங்களுடன் இணைக்கலாம். மூன்றாவதாக, அறிவியல் பாடத்தை வாழ்க்கையுடன் தொடர்புபடுத்தி இணைக்கலாம்.

பொருளியல் - வேதியியலை அறிவியலின் மற்றப் பகுதிகளுடன் இணைத்தல்

அறிவியலைத் தனித்துக் கற்பிக்க இயலாது. அறிவியலின் பகுதி களான பொருளியல் (Physics), வேதியியல் (Chemistry), உயிர் நூல் (Biology), வானநூல் (Astronomy), நிலவியல் (Earth Science) ஒவ்வொன்றும் ஒன்றோடொன்று மிக நெருங்கிய தொடர்புடை யவை. இவை ஒவ்வொன்றுக்கும் தொடர்பான பல செய்திகள், உண்மைகள், விதிகள் உண்டு. அதன் காரணமாகவே அண்மைக் காலத்தில் பௌதிக உயிரியல் (Bio-Physics) என்றும், இரசாயன உயிர் நூல் (Bio-Chemistry) என்றும், பௌதிக இரசாயனம் (Physical Chemistry) என்றும், இரசாயன மண் இயல் (Soil Chemistry) என்றும், பௌதிகப் புவியியல் (Geo-Physics) என்றும், பௌதிக வானியல் (Astro-Physics) என்றும் புதிய பாடப்பகுதிகளே தோன்றியுள்ளன. அறிவியல் ஆசிரியர்கள் தற்காலத்தில் அறிவி யலில் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியை மட்டும் படித்து விட்டு, மற்றப் பகுதிகளைப்பற்றிய அறிவு சிறிதுகூட இல்லாதிருப்பதால், எங்

கெங்கு இயற்கையாகவே தொடர்பு ஏற்படுத்த இயலுமோ அங்குக் கூட ஏதும் மாணவர்களுக்குச் சொல்லாமல், அதைப்பற்றிய அறிவும் அவசியமில்லை என்று கருதி விட்டுவிடுகின்றனர். அறிவியல் ஆசிரியருக்கு மற்றப் பகுதிகளுடன் நெருங்கிய தொடர்பு இல்லை யெனினும், அடிப்படை அறிவையாவது அறிந்துகொண்டு கற்பித்தால், மாணவருக்கு மிகவும் நன்மை பயக்கும். எவ்வளவு சொல்ல முடியுமோ, அவ்வளவு செய்திகளுடன் கூறி முடித்து, பின் மறுபடியும் மேற்கொண்டு தம் பாடத்தை நடத்திச் செல்லலாம்.

உணர்ச்சி உறுப்புகளைப்பற்றி (Sense organs) நடத்தும் உயிரியல் ஆசிரியர் கண்ணின் அமைப்பைப்பற்றி நடத்தும் போது, அது அமைப்பில் எவ்வாறு காமிராவுடன் ஒத்துள்ளது என்றும், எவ் வகையில் காமிராப்பெட்டியுடன் வேறுபட்டுள்ளது என்றும் சொல்லி, ஒளிக் கதிர்கள் குவிலென்சில் பட்டு, பிம்பங்கள் எவ்வாறு தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன என்றும் சொல்வார். அதே போன்று, கண்ணில் குறை ஏற்படும்போது, கிட்டப்பார்வையின் (Short-Sight) காரணத்தைக் கூறி, விழிலென்சில் குவிக்கும் தன்மை (Power of Convergence) எவ்வாறு அதிகமாகின்றது என்றும், குறையை நீக்க அணியும் குழிலென்சினுல் ஒளிக் கதிர் களின் பாதையில் எவ்வித மாற்றங்கள் ஏற்படுகின்றன என்றும் கற்பிப்பார். இவ்வாசிரியருக்கும் பொருளியல் அறிவு சிறிது ஏற்பட்டிருந்தால், இப் பகுதியைக் கற்பிக்கும்போது ஒளிக்கற்றை களைப்பற்றியும், ஒளிக்கதிர்கள் எவ்வாறு மாறுபாடு அடை கின்றன என்பதுபற்றியும் விரிவாகக் கற்பிக்க இயலும். அதே போன்று பொருளியல் பாடம் கற்பிக்கும் ஆசிரியர், காமிராவின் அமைப்பைப்பற்றிக் கற்பிக்கும்போது, கண்ணின் அமைப்பைப் பற்றியும், காமிராவின் ஒவ்வொரு பகுதிக்கும் ஒத்த வகையில் கண்ணில் என்ன அமைப்பு உள்ளதென்றும், இரண்டுக்கும் உள்ள வேறுபாட்டையும் நன்கு விளக்கிக் கற்பிக்க இயலும்.

பாறைகளின் அமைப்பைப்பற்றிப் படிப்பதும், பூமி தோன்றிய விதத்தைக் கணக்கிடுவதில் பயன்படும் கதிரியக்கக் கார்பனும் (Radio Active Carbon) புவியியல், பொருளியல் பாடங்களுடன் தொடர்புள்ள பகுதிகள் ஆகும். பூமியைச் சுற்றி யுள்ள காற்று மண்டலத்தை ஆராய்வதும், அதன் தன்மைகளை அறிவதும் புவியியல், பொருளியல் பாடத்துக்குமுள்ள தொடர் பான பகுதிகள். இதே போன்று பூமி, நிலவு, மற்ற சூரியனில் கோள்கள் அனைத்தையும்பற்றிப் படிப்பதும் இப் பாடங்களுக்குள் உள்ள தொடர்பினையே காட்டும்.

தாவரங்கள் உணவு தயாரிக்கும் முறையைப்பற்றி விளக்குவதும், அப்போது வெளியிடப்படும் ஆக்ஸிஜன்பற்றியும், உணவுப் பொருள்களில் அடங்கியுள்ள இரசாயனப் பொருள்களைப் பற்றியும் அறிவது இரசாயனத்திற்கும், உயிரியலுக்கும் உள்ள தொடர்பான பகுதிகள் ஆகும். இதே போன்று காற்றிலிருந்து நைட்ரஜன் பிரித்தெடுக்கப்பட்டுப் பூமியை வந்தடைவதும், அவை பின்னர் நைட்டிரேட்டுகளாக மாற்றப்பட்டு உயிரினங்கள் உபயோகப்படுத்திக்கொள்வதும், பின்னர் அவை இறந்த பின் மறுபடியும் பூமியை வந்தடைவதாகச் சுழற்சி இயக்கம் (Nitrogen Cycle) நடைபெறுவதைப்பற்றிப் படிப்பதும், பொருளியல்–இரசாயனம்–உயிரியல் போன்ற பகுதிகளை இணைப்பதாகும். பொருளியல் கற்பிக்கும் ஆசிரியரும் வேதியியல் கற்பிக்கும் ஆசிரியரும் இரு திரவங்களுக்கிடையே ஏற்படும் அழுத்த வேறுபாட்டின் காரணமாக நடைபெறும் ஆஸ்மாடிக் அழுத்தத்தைப் (Osmotic Pressure) பற்றி மாணவருக்கு விளக்கும்போது வேர்த்தூவிகளின் மூலமாகச் சத்துப்பொருள்கள் உறிஞ்சப்பட்டுத் தாவரங்களின் பல்வேறு பாகங்களுக்கும் செல்லும் முறையைச் சொல்லித்தான் ஆக வேண்டும். இது போன்று பல பாடக்கருத்துகளிலும், அறிவியலின் பல்வேறு பகுதிகளும் இணைந்து பின்னிக் கிடக்கின்றன. எங்கெங்கே பொதுவான கருத்துகள் பாடத்தில் வருகின்றனவோ, அங்கெல்லாம் அறிவியல் கற்பிக்கும் ஆசிரியர்கள் பொதுவான நிகழ்ச்சிகளைப்பற்றிக் குறிப்பிட்டுக் கற்பித்தல் பாட வளர்ச்சிக்கு இன்றியமையாதது.

பொருளியலை மற்றக் கலைப்பாடங்களுடன் இணைத்தல்

இதே போன்று அறிவியலை மற்றக் கலைத்திட்டத்தில் உள்ள பாடங்களுடன் இணைக்கும்போது, அப் பாடங்களைக் கற்பிக்கும் ஆசிரியர்களும் இயல்பாகவே தொடர்புள்ள செய்திகளைக் கற்பித்து ஒத்துழைத்தல் அறிவு வளர்ச்சிக்கு இன்றியமையாதது. அறிவியல் வளர்ச்சி பெற்றுள்ள இந் நாளில் அதனுடைய செயல் எல்லா இடங்களிலும் ஆக்கிரமிப்பு செய்துள்ளது. ஆகவே, மற்றப் பாடங்களுடன் இணைத்துக் கற்பிப்பது அறிவியலைப் பொறுத்த வரை மிகவும் எளிதே. எவ்வாறு அறிவியலை மற்றப் பாடங்களுடன் இணைத்துக் கற்பிக்கலாம் என்பதை ஈண்டு நோக்குவோம்.

அறிவியலும் மொழிப் பாடமும்

மொழியே கற்பிக்கும் வாயிலாக அமைவதால், ஆசிரியர் வாய்மொழியாகக் கற்பிக்கும்போதும் எழுதும்போதும், திருத்தமாகவும், சுருக்கமாகவும், தெளிவாகவும் கருத்துகளை வெளிப்

படுத்துவது மட்டுமன்றி, மாணவர்களையும் அவ்வாறே செய்யுமாறு தூண்டுதல் வேண்டும். மாணவர்கள் சோதனைக் குறிப்புகளைத் தயாரிக்கும்போது மேற்கண்டபடி திருத்தமாகவும், தெளிவா கவும் எழுதுமாறு அறிவுறுத்தல் வேண்டும். கட்டுரை முறைத் தேர்வில் விடை அளிக்கும்போது, அறிவியல் கருத்துகளைத் தெளிவாக வகைப்படுத்தி, கோவையாக எழுதப் பயிற்சி அளிக்க லாம். மொழிப்பாடத்தில் மொழியைப் பேசுவதற்கும், எழுது வதற்கும் பயிற்சி கொடுப்பதே முக்கிய நோக்கமாகக் கருதப்படு கிறது. அவ்வாறெனில், மொழிப்பாடப் புத்தகத்தில் இலக்கியக் கட்டுரைகளுடன் அறிவியல் தொடர்பான கட்டுரைகளையும் இணைத்தல் வேண்டும். சுருக்கமாகவும், தெளிவாகவும், திருத்த மாகவும் எழுதுவதும், பேசுவதும் அறிவியலுக்கு மட்டுமல்ல, மொழிப்பாடத்திற்கும் தேவை. ஆகவே, மாணவர்களைக் கட்டுரை எழுதச் சொல்லும்போதும், மேடைப்பேச்சில் ஈடுபடுத்தும்போதும் மேற்கண்டவாறு சுருக்கமாகவும், திருத்த மாகவும், ஆற்றலை வெளிப்படுத்துமாறும் செய்தல் வேண்டும். கட்டுரை எழுதும்போது பழக்கத்திற்கு மாறாக, அறிவியல் தொடர்பான சில கட்டுரைகளை எழுதுமாறும் செய்யலாம். சில அறிவியல் அறிஞர்களின் எழுத்தாற்றல் (Origin of Species) போன்ற சில சிறந்த இலக்கியப் படைப்புகளை ஏற்படுத்தியிருக் கின்றன. ஆகவே, துணைப்பாட நூலாக இலக்கியக் கட்டுரை களையே அமைப்பதற்குப் பதிலாக அறிவியல் கட்டுரைகள் அடங்கிய நூலையும் வைக்கலாம்.

அறிவியலும் கணிதமும்

அறிவியலும் கணிதமும் நெருங்கிய தொடர்புடைய பாடங்கள். கணிதத்தை அறிவியல் பாடங்களின் இராணி என்று சொல்வர். சர் ஐசக் நியூட்டன், மாக்ஸ்வெல் (Maxwell), ஐன்ஸ்டீன் (Einstein) போன்றோர் அறிவியல் அறிஞர்கள் என்பதைவிடக் கணித மேதைகள் என்றும் சொல்ல வேண்டும். கணிதம் இல்லாத அறிவியலை நினைத்துக்கூடப் பார்க்க இயலாது. கணிதத்தில் சிறந்து விளங்கும் மாணவன், கணித வகுப்பில் கற்றவை போன்ற அறிவியல் கணக்குகளை விடுவிக்கத் தெரியாமல் விழிப்பதையும் பார்க்கலாம். கணிதத்தில் பெற்ற அறிவு தானாகவே அறிவியல் கணக்குகளுக்கு மாற்றப்படுவதில்லை. ஆகவே, கணிதம் கற்பிக்கும் ஆசிரியர் அறிவியல் பாடங்களுக்குத் தொடர்பான கணக்குகளைக் கொண்டும், பயிற்சிக்காகக் கற்பிக்கும் போது பயன்படுத்தினால் அறிவியல் வகுப்புகளில் மாணவர்கள் ஆர்வம் காட்டுவதுடன் சுலபமாகவும் தெரிந்துகொள்வர். பொருளியல் பாடத்திலேதான் அதிக அளவு கணித அறிவு

உபயோகமாகிறது என்றும், மற்ற இரசாயனப் பாடத்துடன் சிறிதளவும், உயிரியலுடன் எவ்விதத் தொடர்பில்லை என்றும் கருதுகின்றனர். உயிரியல் பாடத்தில் விளக்க முறைக் குறிப்புகளே உண்டு என்றும் நினைக்கின்றனர். ஆனால், தற்கால உயிரியல் பாடத்தில் அளவீடுகளும், புள்ளி விவரங்களும் அதிக அளவில் உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றன. எண்களை உபயோகிப்பதும், சராசரி காண்பதும், விழுக்காடு (Percentage) உபயோகிப்பதும், விகிதங்களைப் பயன்படுத்துவதும், அளவீடுகள் எடுப்பதும், அளவுகளின் அடிப்படையில் அளவீட்டுப் படங்கள் (Scale Drawings) வரைவதும் அறிவியலில் அதிகமாக உபயோகப்படும் கணித அனுபவங்களேயாகும். ஆகவே, கணித வகுப்பில் இவற்றில் அடிப்படை அறிவு ஏற்பட்டாலன்றி, அறிவியல் பகுதிகளைக் கற்கும்போது ஏற்பட இயலாது. விகிதங்களின் அடிப்படையில் வரையப்படும் வரைபடங்களையும் (Graphs) அறிவியலுக்கும், கணிதத்திற்கும் உள்ள தொடர்பை ஏற்படுத்துவன. ஒளியில் பொருளின் தூரத்திற்கும் (U), பிம்பத்தின் தூரத்திற்கும் (V) வரையப்படும் வரைபடங்கள், தனி ஊசலில் 'நீளத்திற்கும் அலைவு நேர வர்க்கத்திற்கும்' வரையப்படும் வரைபடம் பாயில் விதியில் அழுத்தத்திற்கும், கன அளவுக்கும் வரையப்படும் வரைபடம், முக்கோணப் பட்டகத்தில் படுகோணத்திற்கும் (Angle of Incidence) விலகுகோணத்திற்கும் (Angle of Deviation) வரையப்படும் வரைபடம், தூரத்திற்கும், காலத்திற்கும் வரையப்படும் வரைபடம் போன்ற சிலவற்றை எடுத்துக்காட்டுகளாகக் கூறலாம். அதே போன்று கோணங்களை அளப்பதிலும், இணை கோடுகள் வரைவதிலும், வட்டத்தின் வில்லை (Arc of Circle) வரைவதிலும், அறிவியலில் ஒளி பற்றிப் பாடம் கற்பிக்கும்போதும், முக்கோண விதி (Law of Triangle of Forces), இணைகர விதி (Paraellelogram Law of Force) கற்பிக்கும்போதும் ஜியோமிதி (Geometry) அறிவு பயன்படுகின்ற பகுதிகள் ஆகும். அதே போன்று, கணிதத்தில் திரிகோண விதி (Trigonometry)யைச் சார்ந்த கோணங்களின் சைன் மதிப்பு (Sine of Angles) காண்பது ஒளிப்பாடம் கற்பிக்கும்போதும், முக்கோண விதியிலும், கோணங்களின் (Tangent) மதிப்பு, வட்டமான கம்பியில் மின்சாரம் பாய்வதனால் நடுப்பகுதியில் ஏற்படும் காந்த சக்தியின் விளைவையும் காண உபயோகப்படும் கருத்துகள் ஆகும். சென்டிகிரேட் உஷ்ணநிலையைப் பாரன்ஹீட் (Farenheit) உஷ்ணநிலையாக மாற்றுவதற்கு உபயோகமாகும் ஒரு சாம்யமும் (Equation), சுயவெப்பம் (Specific Heat) ஆவியாதலின், உள்ளுறை வெப்பம் (Latent Heat of steam), பனிக்கட்டி உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம் (Latent Heat of Fusion of Ice) காணும்போது உபயோகப்

படுத்தும் எளிய சமன்பாடுகளையும் (Simple Equations) பயன் படுத்திக் கணக்கீடுகள் செய்வதற்குக் கணித அறிவு இன்றியமை யாதது. இயக்கவியல் (Dynamics) பகுதியில் பயன்படும் சூத்திரங்களும், அவற்றைச் சார்ந்த கணக்குகளையும் போடு வதற்குக் கணிதப் பாடத்தில் கற்பிக்கப்படும் இருபடிச் சமன் பாடுகள் (Quadratic Equation) அறிவு தேவையாகின்றது. கணிதத்தின் (Calculus) அறிவும் உயர் வகுப்புகளில் பொருளியல் பகுதியில் மிகுந்த அளவு ஈடுபடுத்தப்படுவதை அறியலாம். சில பகுதிகளில் இந்த சாம்யத்தை (Integrate) செய்தால் இவ் விடை வரும் என்று சில அறிவியல் ஆசிரியர்கள் விளக்குவார்கள். ஆனால், இவை எவ்வாறு செய்ய முடியும் என்று பகுதி பகுதியாக (Step by step) விளக்க இயலாது அறிவியல் ஆசிரியர்கள் விழிப்பதைப் பலரும் காணலாம்.

அறிவியலும் நிலநூலும்

அறிவியலும், நிலநூலும் நெருங்கிய தொடர்புடையவை. நிலநூல் என்னும் பாடமே அறிவியலின் ஒரு பிரிவு எனலாம். அதன் காரணமாகவே மேல் நாடுகளில் நிலநூல் என்ற பாடத்தை மாற்றி அமைத்து ஆராய்ந்தறியும் சோதனைகளின் அடிப்படையில் விஞ்ஞான முறையைப் புகுத்தி, புவியியல் (Earth Science) என்ற புதிய பகுதியையே அமைத்துள்ளனர்.

ஓரிடத்தில் கால நிலை அறிவதற்குத் தேவையான விவரங் களான காற்றின் அழுத்தம், காற்றில் ஈரப்பதம் (Humidity), காற்று வீசும் திசை, காற்றின் வேகம், உச்ச நீச உஷ்ண நிலை (Maximum and Minimum temperature) போன்ற பல அளவீடு களைக் காண உபயோகிக்கும் கருவிகளின் அமைப்பையும், பயன் படுத்தும் முறை பற்றியும் கற்பிப்பதுடன் நிறுத்திக்கொள்வது அறிவியல் ஆசிரியர் வேலையாகும். ஆனால், இவ்வளவீடுகளிலிருந்து ஓர் இடத்தின் கால நிலை எவ்விதம் மாறுபடுகின்றது, கால நிலைக்கும் அங்குள்ள மக்களின் வாழ்க்கை முறைக்கும், அவர்கள் ஈடுபடும் தொழிலுக்கும், மக்கள் தொகை பரந்து கிடப்பதற்கும் (Distribution of population), காலநிலைக்கேற்பத் தாவரங்கள் பல வகைகளில் தோன்றி வளர்வதற்கும், தாவரங்களுக்கு ஏற்றாற் போல் மிருகங்கள் பரவிக் கிடப்பதற்கும் உள்ள தொடர்பினை ஒவ்வொன்றாகச் சுட்டிக் காட்டிக் கற்பிப்பது நிலநூல் ஆசிரியரின் கடமையாகும். எனினும், இரண்டு பகுதிகளும் ஒன்றோடொன்று தொடர்பு கொண்டமையால். அறிவியல் ஆசிரியர் காலநிலை பற்றி அறியும் குறிப்புகளைச் சேகரிக்கும்போது, காலநிலை எவ்வாறு பல்வேறு உயிரினங்களையும் ஆட்டிப் படைக்கின்றது என்பதனை

விளக்கிக் கூறினல், மாணவருக்கு இரு பாடங்களுக்கும் உள்ள நெருங்கிய தொடர்பு அறிவதோடு, இரு பாடங்களிலும் ஆர்வம் ஏற்படும்.

மாலுமிகளுக்கு உதவும் திசைக்காட்டி (Mariner's Compass) கண்டுபிடித்த பின் எவ்வாறு புதிய நாடுகள் காணப்பட்டு, குடியேற்றம் ஏற்பட வழி பிறந்தது என்றும், அதன் காரணமாக நாகரிக வளர்ச்சி ஏற்படக் காரணமாக அமைந்தது என்பதும் அறிவியலுக்கும், புவியியலுக்கும் நெருங்கிய தொடர்புள்ள செய்திகளாகும்.

சுண்ணும்புப் பாறைகளும் (Chalk Hills) பவழத் திட்டுகளும் (Coral Reefs) தோன்றும் விதமும், அவற்றின் அமைப்பும் அறிவியலுக்கும், புவியியலுக்கும் தொடர்பான செய்திகளாகும். அறிவியலில் கீழின உயிரினங்கள்பற்றிய பாடம் படித்து முடித்த பின்னர், இச் செய்திகள் பற்றிய புவியியல் பாடங்களைப் படிக்க லாம். கரியமிலவாயு பற்றிக் கற்பிக்கும் ஆசிரியர் சுண்ணும்புப் பாறைகளைப்பற்றிச் சொல்லித்தான் ஆகவேண்டும். பவழங்கள் (Corals), கடல்வாழ் பிராணிகளின் ஓடுகள் (Shells), சுண்ணும்புக்கல் ஆகியவை எல்லாவற்றிற்கும் பொதுவான இரசாயனப் பெயர் 'கால்சியம் கார்பனேட்' (Calcium Corbonate) என்பதும், அப் பொருள் அமிலத்துடன் கிரியை புரிந்து கரியமில வாயுவை வெளியேற்றும் என்பதையும் தெளிவாக்க வேண்டும். பவழமும் சுண்ணும்புப் பாறைகளும் உயிரினங்களிலிருந்து தோன்றின. இந் நிகழ்ச்சி இப்பொழுதும் ஆழமில்லாக் கடல் பகுதியில் (Shallow waters) நடைபெற்று வருகின்றது. பல கோடிக்கணக்கான நீர்வாழ் உயிரினங்களின் எலும்புகளும், ஓடுகளும் நன்ருக அழுத்தப்பட்டுப் பவழத்திட்டுகளாகவும்,மலைகளாகவும், மேடுகளாகவும் மாறியிருக்கின்றன. இப் பொருள்கள்மீது சிறிது அமிலத்தை விட்டால், அப் பிராணிகள் பல்லாயிரக்கணக்கான ஆண்டுகளுக்கு முன் கிரகித்த கரியமிலவாயு வெளிப்படுவதைக் காணலாம். ஆகவே, இவை பற்றிய செய்திகள் புவியியலுடனும் உயிரியலுடனும், இரசாயனப் பாடத்துடனும் ஒன்றுக்கொன்று தொடர்பு ஏற்படுத்துவனவாகும்.

அறிவியலும் வரலாறும்

அறிவியலும் வரலாறும் நெருங்கிய தொடர்பு கொண்டவை அல்லவெனினும், இரண்டிற்குமுள்ள தொடர்பைச் சுட்டிக் காட்டிச் சில பாடங்களைக் கற்பிக்கும்போதுமட்டும் தவருமல் இரு பாட ஆசிரியர்களும் ஒத்துழைக்க வேண்டும். அறிவியல் வளர்ச்

சியின் காரணமாக எவ்வாறு ஐரோப்பாக் கண்டத்தில் தொழிற் புரட்சி ஏற்பட்டது என்ற வரலாற்றைக் கற்பிக்கலாம். முதன் முதலாக 1770-ல் ஜேம்ஸ் வாட் (James Watt) நீராவிச் சக்தியைக் கண்டறிந்ததும், அந்த அபரிமிதமான சக்தியைப் பயன்படுத்தி ஐரோப்பாவில் எவ்வாறு தொழிற்சாலைகளில் இயந்திரங்கள் ஓட விடப்பட்டன என்றும், அதன் காரணமாக வேலையிலிருந்து மக்கள் நீக்கப்பட்டனர் என்றும், அதன் காரணமாகப் பெரும் புரட்சி தோன்றியது எனவும் கற்பிக்கின்ற வரலாற்று ஆசிரியர்கள், அப் புரட்சிக்குக்காரணமாக அமைந்த அறிவியல் வளர்ச்சியினை மறக்க வியலாது. அந்த நீராவிச் சக்தியைப் பயன்படுத்தி எவ்வாறு ஸ்டீவன்சன் (George Stevenson) 1804-ல் நீராவி எஞ்சினை அமைத்துக் காட்டி ஓடவிட்டார் என்பதைப்பற்றியும், அதன் காரணமாகப் போக்குவரத்து துரிதப்பட்டதும், பின்னர் 1820-ல் தோன்றிய மைக்கல் ஃபாரடே (Michael Faraday)வினது மின் காந்தத் தூண்டல் தத்துவத்தால் மின்சார உற்பத்தியும், தந்தியும். மற்றப் பல்வேறு கருவிகள் அமைக்கப்பட்டன என்றும், அதன் காரணமாகச் செய்திப் போக்குவரத்து எங்ஙனம் முன்னேறியது எனவும் கற்பித்தல் அவசியமாகும். தொழிற்புரட்சி ஏற்பட்டதன் காரணமாக மக்கள் வாழ்க்கை எவ்விதங்களில் பாதிக்கப்பட்டது என்பதை உணர்ந்து கற்பித்தல் வேண்டும்.

மேலும், சில மன்னர்கள் ஆண்ட காலத்தில் அல்லது வரலாற்றுச் சிறப்பு மிக்க நிகழ்ச்சிகள் நடைபெற்ற காலத்தில் எவ்வித அறிவியல் ஆராய்ச்சி கண்டுபிடிக்கப்பட்டது என்பதையும், வரலாற்று ஆசிரியர் கற்பித்தால், அறிவியல் கருத்துகளை வரலாற்று நிகழ்ச்சியோடு பொருத்திப் பார்க்கின்ற வாய்ப்பு கிட்டும். எடுத்துக்காட்டாக, பிரஞ்சுப் புரட்சி நடைபெற்ற காலத்தில்தான் 'லவாஸ்சியர்' (Lavoisier) என்ற அறிவியல் மேதை அதுவரை நிலைபெற்றிருந்த 'புளோஜிஸ்டான்' (Phlogiston) என்ற கொள்கையைத் 'தவறு' என்று தகர்த்தெறிந்தார். அதுவரை எரியும் பொருள் ஒவ்வொன்றிலும் 'புளோஜிஸ்டான்' என்ற பொருள் இருந்ததாகவும், பொருள் எரியும்போது புளோஜிஸ்டானும் எரிந்து நீங்கி விடுவதால், எரிந்து சாம்பலான பொருள் எடையில் முன்பைவிடக்குறையும் என்பதும் நெடுங்காலமாக நிலவிய கருத்து. லவாஸ்சியர், தாம் முதன்முதல் ஒரு மக்னீசிய நாடாவை எரித்து, எரியும்போது அப் பொருள் காற்றிலுள்ள ஆக்ஸிஜனுடன் கூடுவதால், எரித்த பின்னர்க் கிடைக்கும் சாம்பலின் எடை கூடியுள்ளதைக் காட்டிப் புளோஜிஸ்டான் கொள்கையை உடைத்தார். எனவே, இது போன்ற மனித இனத்தின் வரலாற்றையே மாற்றி அமைத்த அறிவியல் கண்டு

பிடிப்புகளை வரலாற்றின் அடிப்படையில் வரிசைக்கிரமமாக அமைத்து வகுப்புகளில் தொங்க விடலாம்.

இன்று வரலாற்று உண்மைகளையும், அறிவியல் முறையின் அடிப்படையில் கொண்டு வந்து, வரலாற்று நிகழ்ச்சிகளின் உண்மைக் காலத்தை நிர்ணயப்படுத்துகின்றனர். அதனால்தான் இன்று வரலாற்றுப் பாடத்தையும், ஓர் அறிவியல் பாடமாகக் கருதுகின்றனர். இதற்குத் தற்காலத்தில் முக்கியமாகப் பயன் படுத்தும் முறை 'கார்பன் நாட்குறிப்பு' (Carbon Dating) என்பதாகும். உயிருள்ள பொருள்ஒவ்வொன்றிலும்சாதாரணக் கார்பன் 12 (C^{12}) என்ற அணுக்களும், கதிரியக்கக் கார்பன் 14 (C^{14}) என்னும் ஐசோடோப்பு (Isotope). அணுக்களும் இருக்கின்றன. ஒவ்வோர் ஐசோடோப் அணுவுக்கும் இணையாகச் சாதாரண கார்பன் 8×10^{11} எண்ணிக்கை கொண்ட அணுக்கள் நிறைந் துள்ளன. கார்பன் 14-ன் அரை வாழ்வுக்காலம் (Half period life) 5730 ஆண்டுகள். பல்லாண்டுகளுக்குப் பின்னர் ஓர் உயிரற்ற பொருளைக் காணும்போது அதில் அடங்கியுள்ள கார்பன் 14-ன் அளவைக் கண்டுபிடிக்க வேண்டும். அதன் அரைவாழ்வுக் காலத்தைக் கொண்டு, தொடக்கத்தில் அந்த உயிர்ப்பொருளில் இருந்த கார்பனின் அளவைக் கணக்கிட்டு, அப் பொருளின் காலத்தைத் துல்லியமாக அறியலாம். இம் முறையைப் பின் பற்றி யுரேனியம் (Uranium), ருபீடியம் (Rubidium) என்ற கதிரியக்கப் பொருள்களின் அரை வாழ்வுகளைப் பயன்படுத்தி நாம் வாழும் பூமியின் வயதையும், அதன்கண் உள்ள பாறைப் படிவங்கள் போன்றவற்றின் வயதையும் நிர்ணயிக்க முடிகிறது. இது போன்று இன்று ஒவ்வொரு வரலாற்றுச் சின்னத்திற்கும், அறிவிக்கப்பட்ட வயதிற்கும். அணுவியல் முறைப்படி கண்டுபிடிக் கப்பட்ட வயதிற்கும் உள்ள ஒருமைப்பாட்டினை கண்டு நிர்ணயிக் கின்றனர்.

அறிவியலும், கைத்தொழிலும், கலைப்பாடங்களும்

மாணவர்களது கைத்திறன்களை வளர்ப்பதற்கே கைத் தொழில் பாடங்கள் அமைக்கப்படுகின்றன. ஆகவே, பள்ளியில் கைத்தொழில் பாடம் எதுவாக அமைந்தாலும், மாணவரது இயல்பான ஆற்றலை வளர்க்கும் முறையில், அவர்களை அறிவியல் தொடர்பான சில எளிய முறையில் தயாரிக்கக்கூடிய கருவிகளைத் தயாரிக்கப் பயிற்சி அளிக்கலாம்.

இதே போன்று ஓவியப் பாடப் பகுதியில் ஓவியங்களை வரையும்போது, பல உபயோகமற்ற பொருள்களைப் படம் போடு

வதற்குப் பதிலாக அறிவியலில் பயன்படுத்துகின்ற கருவிகளின் உடலுறுப்புகளின் படங்களை வரையும்போது, அறிவியல் கருத்தளும் தெளிவாகின்றன. அதே நேரத்தில் கைத்திறனும் வளர்க்கப்படுகின்றது.

இசைபாடத்தில் நல்லிசையின் இயல்புகளை அறிந்து கொள்ள நேரிடையாக வாய்ப்பளிக்கப்படுகின்றது. இசைக் கருவிகள் செயல்படும் முறையை அறிவியல் வகுப்பிலும் அவற்றைப் பயன்படுத்தும் முறையினை இசை வகுப்பிலும், பயிலுவதால், ஆர்வம் தழைத்தோங்கி வளருகின்றது. அதிரும் பொருளின் அதிர்வெண்ணுக்கும், கம்பியின் நீளத்திற்கும், அதிர்வெண்ணுக்கும், இழுவிசைக்கும், அதிர்வெண்ணுக்கும், கம்பியின் தடிமனுக்கும் உள்ள தொடர்பினைச் சோதனைமூலம் அறிவதுடன் நேரிடையாக ஓர் இசைக்கருவியைப் பயன்படுத்தி என்னென்ன ஏற்பாடுகள் செய்யப்பட்டுள்ளன என்று அறியும்போது கருத்துகளும் தெளிவாகின்றன.

அறிவியலை வாழ்க்கையுடன் இணைத்தல்

இன்றைய நாகரிக உலகில் அறிவியல் நம் வாழ்க்கையோடு இயைந்த ஒன்றாகிவிட்டது. நமது அன்றாட வேலைகள் அனைத்தையும் அறிவியல் கட்டுப்படுத்தி ஆட்கொண்டு விட்டது எனலாம். சில ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் மன்னருக்குக்கூடக் கிடைக்காத வசதிகள் அனைத்தையும், இன்றைய அறிவியல் வளர்ச்சி சாதாரண மனிதனுக்கும் கொடுத்துள்ளது; சமூகத்தையே மாற்றி அமைத்துள்ளது. அன்றாட வாழ்க்கையில் நாம் உபயோகிக்கும் பல பொருள்கள் அறிவியல் அறிவினால் உண்டாக்கப்பட்டவை. உணவு, உடை, எரிபொருள், உடல்நலம் பேணப்பலவகை மருந்துப் பொருள்கள், விலையுயர்ந்த இன்பம் விளைவிக்கும் வாசனைப் பொருள்கள், தோல் பொருள்கள், பேப்பர், பென்சில், எழுதும் மை, பிளாஸ்டிக்ஸ், போட்டோ பிலிம், செயற்கை இரப்பர் போன்ற கணக்கில் அடங்கா பொருள்களை மனித வசதிக்கு அறிவியல் ஏற்படுத்தியுள்ளது. இதுவன்றிச் செயற்கையாகத் தயாரிக்கப்படும் துணி, நைலான், டேக்ரான் (Dacron) போன்றவை, சர்க்கரை, சிமெண்டு, இரசாயன எரு (Fertilizers), பெட்ரோலியம் போன்ற பொருள்கள் உற்பத்தியாகும் பெரிய தொழிற்சாலைகளும் அறிவியல் வளர்ச்சியினால் ஏற்பட்டவையே. போக்குவரத்துக்கெனவுள்ள பல அமைப்புகள் இன்று உலகத்தையே சுருக்கி விடுவதைக் காண்கிறோம். மிகச் சிறிய அணுவினைத் துளைத்து, ஏராளமான சக்தியைக் கட்டுப்படுத்திப் பெறுகிறோம். இச் சக்தியைப் பயன்படுத்தி அணு மின்நிலையங்களும் மருத்துவதுத்

துறைக்குப் பெரிதும் பயன்படும் கதிரியக்கப் பொருள்களைச் செய்வதையும் சுட்டிக்காட்டிக் கற்பிக்கலாம். விவசாயத்துறையில் 'பசுமைப் புரட்சி' ஏற்படத் துணை செய்த பொறுக்கு விதைகளையும், செயற்கை உரங்களையும், இயந்திரங்களைப் பயன்படுத்திப் பயிர் செய்வதையும்பற்றிக் கற்பித்து, உணவுத்துறையில் தன்னிறைவு அடைய அறிவியல் அறிவு எவ்வாறு பயன்பட்டது என்பதைக் கற்பிக்கலாம். அறிவியலால் மனித வாழ்க்கைக்கு எவ்வித நற்பயன்கள் விளைந்தன என்று கற்பிக்கும்போது, தற்காலத்தில் பொதுவாக எல்லா நாடுகளிலும் எதிர்கொண்டுள்ள 'சுற்றுப்புறத் தூய்மை அழிதல்' (Pollution) என்ற பிரச்சினை பற்றியும் கற்பிக்க வேண்டும். இப் பிரச்சினை தற்பொழுது வளர்ந்து வரும் நாடுகளைவிட வளர்ந்துள்ள நாடுகளிலேதான் உடனடியாகச் சமாளிக்க வேண்டியுள்ளது. எனினும், விரைவில் வளர்ந்து வரும் நாடுகளையும்பற்றிக்கொள்ளும். ஊர்திகளைப் (Automobiles) பற்றிக் கற்பிக்கும்போது அவை வெளிவிடும் புகை (Exhaust Fumes)யும், தொழிற்சாலைகளிலிருந்து வெளியேற்றப்படும் பலகழிவுப் பொருள்களும் மக்கள் நலத்திற்குக் கேடு பயக்கும் எனவும், சோப்பு தயாரிப்புப் பற்றிக் கற்பிக்கும்போது, அழுக்குகளை நீக்கப் பயன்படுத்தும் பலவித அழுக்கு நீக்கிகள் (Detergents) எவ்வாறு நீரில் வாழும் உயிரினங்களைப் பாதிக்கின்றன என்பது பற்றியும், பலவித பூச்சிக்கொல்லி மருந்துகளை (Insecticides and Pesticides) அளவுக்கு அதிகமாகப் பயன்படுத்துவதால், தீங்கிழைக்கும் பூச்சிகள் மட்டுமன்றி மற்ற உயிரினங்களும் கொல்லப்படுகின்றன என்பது பற்றியும் கற்பிக்க வேண்டும். பூச்சிக்கொல்லி மருந்துகளை அவற்றின் நச்சுத்தன்மையை உணராமல் தேவைக்கு அதிகமாக உபயோகித்ததன் விளைவாக இயற்கை எந்த அளவிற்குப் பாதிக்கப்பட்டது என்பதை 'ராகேல் கார்சன்' (Rachael Carson) என்பவர் அழகுபடத் தமது 'Silent Spring' என்ற நூலில் எழுதி, உலகத்தோர் அனைவரது கண்ணையும் கருத்தையும் திருப்பிப் பெரும்புரட்சியையே ஏற்படுத்தியதையும் ஈண்டுக் குறிப்பிட வேண்டும்.

இவ்வாறு பல்லாற்றாலும் நமது வாழ்க்கையுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ள அறிவியல் பாடத்தை வாழ்க்கையுடன் இணைத்துக் கற்பித்தல் கடினமான செயலல்ல. உண்மையில் பொருளியல் பாடத்தில் இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒவ்வொரு பாடமும் வாழ்க்கையோடு தொடர்பு கொண்டவை. ஆகவே, அத் தொடர்பினை அடிப்படையாகக்கொண்டு ஒவ்வொரு பாடத்திலும் மாணவருக்கு ஆர்வத்தை ஏற்படுத்தித் தொடங்கலாம்.

பயிற்சி விஞக்கள்

1. 'இணைத்துக் கற்பித்தல்' என்றால் என்ன? பௌதிக இரசாயனப் பாடத்தை எவ்வாறு இயற்கை அறிவியலுடனும், கணிதத்துடனும், நில நூலுடனும் இணைத்துக் கற்பிக்கலாம் என்று எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்குக.

2. பௌதிக இரசாயனப் பாடங்களை மொழிப்பாடங்களுடன் எவ்வாறு இணைக்கலாம்?

3. இணைத்துக் கற்பிப்பதால் ஏற்படும் பயன்கள் யாவை? அறிவியல் பாடத்தை வரலாறு நிலநூல் பாடங்களுடன் எவ்வாறு இணைத்துக் கற்பிக்கலாம்? எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விளக்குக.

4. அறிவியல் பாடத்தைப் பயனுள்ளதாகவும், வாழ்க்கைக்குத் தொடர்புள்ளதாகவும் எவ்வாறு அமைக்கலாம்? கைத்தொழில் பாடங்களுடன் எவ்வாறு அறிவியலை இணைத்துக் கற்பிக்க இயலும்?

7. பொருளறிவியல் பாடப் பொருள் அமைப்பு

பன்னெடுங்காலமாக அறிவியல் என்றொரு பாடமாகவோ அல்லது அறிவியல் அறிஞர்கள் என்று எவருமோ இருந்ததில்லை. ஆயினும், இப் புறவுலகைப்பற்றி அறிந்த செய்திகளைத் தொகுத்து மக்கள் ஓரளவுக்கு அறிந்துகொண்டிருந்தனர். உயிரினங்களைப் பற்றியும், வானியல் குறித்தும், உயிரற்ற உலகத்தை ஆக்கும் எண்ணற்ற பொருள்களின் தன்மை குறித்தும், அவை அனைத்தும் இயங்கும் விதத்தைக் குறித்தும் பல நூற்றாண்டுகளுக்கு முன்னரே அரிஸ்டாடில், ஹெறிடோடஸ் (Heredotus), டெமாகிரிடஸ் போன்ற அறிஞர்கள் அறிந்து சொன்னார்கள். ஆனால், அவர்கள் அனைவரும் தத்துவ மேதைகளாகவும், அவர்கள் கண்டுபிடித்த செய்திகள் அனைத்தும் தத்துவக் கருத்துகளாகவும் கருதப் பட்டன. அவர்களுக்குப் பின்னர்த் தோன்றிய எண்ணற்ற அறிஞர் களும், அவர்கள் கண்டுபிடித்த கருத்துகளுங்கூட மக்கள் மனதில் நிலைபெற இன்றியமையாதவை என்ற நிலையைச் சென்ற நூற்றாண்டில்கூட ஏற்படுத்த இயலவில்லை. பள்ளிகளிலும், கல்லூரிகளிலும் மற்றப் பாடங்களுக்குக் கொடுக்கப்பட்ட மதிப்பு அறிவியலுக்கு ஏற்படவில்லை. மேல்நாடுகளில்கூடப் பெரும் செல்வந்தர்கள் அமைந்த சமூகத்தில் அமைக்கப்பட்ட கல்விக் கூடங்களில் கலை, இலக்கியம், தர்க்கம், இலத்தீன்மொழி போன்றவை மட்டுந்தான் உயர்ந்த பாடங்களாகக் கருதப் பட்டன. அவை படிக்கும்போதே இன்பம் பயப்பன, மனதைக் கட்டுப்படுத்துவன என்று கருதப்பட்டு அவற்றின் மதிப்பு (Intrinsic Value) உயர்ந்தது, ஆனால், அறிவியல் அறிவைப் பயில் வதால் உடனடியாகப் பயன் ஏதும் ஏற்படப் போவதில்லை. அறிவியல் அறிவு வாழ்க்கைக்குத் துணை செய்யுமே (Utilitarian Value) அல்லாது இலக்கியம் படிப்பதில் ஏற்படும் இன்பத்தைப் போன்று அமையாது என்று எண்ணி, அறிவியல் பாடம் மதிப்பில் குறைந்தது என்றே பல காலம் கருதப்பட்டது. ஆகையால், அறிவியல் அறிவு இலண்டனில் உள்ள இராயல் கழகம் (Royal

Society) போன்ற தனிப்பட்ட கழகங்களால் வளர்க்கப்பட்டு, பரப்பப்பட்டதே தவிர, பள்ளிப் பாடத்திட்டத்திலோ அல்லது கல்லூரிகளிலோ இணைக்கப்படவில்லை. அவ்வாறு முதன்முதலாகக் கல்வித்திட்டத்தில் இணைக்கப்பட்டபோதும், அறிவியல் இரண்டாந்தரப் பாடமாகவே கருதப்பட்டது. ஒரு காலத்தில் பள்ளிப் பாடத்தில் இடம் பெறப் போராடிக்கொண்டிருந்த அறிவியலின் நிலை மாறி இன்று அறிவியலில் ஏற்பட்டுள்ள வளர்ச்சியால் அறிவியல் பாடத்திட்டத்தில் முதலிடம் பெற்றுள்ளதைக் காண்கிறோம். அறிவியல் அறிவு இல்லாத கல்வி, முழுமையான கல்வியாக (Liberal Education) ஆக முடியாது என்ற நிலை உருவாகி உள்ளது. இன்று ஒவ்வொரு நாட்டிலும் அறிவியல் வளர்ச்சியில் தீவிர கவனம் செலுத்தி, பள்ளிப்பாடத்திட்டத்தில் இணைக்கப்பட்ட அறிவியல் அறிவை அவ்வப்போது ஏற்படும் வளர்ச்சிக்கொப்ப மாற்றி அமைத்துப் புத்தம்புதிய கலையாக ஆக்குகின்றனர். இன்று ஏற்படுகின்ற அறிவியல் வளர்ச்சியைக் கண்ணுறுது போனால், சிறிது காலத்தில் ஒருவன் பின் தங்கிய நிலையை அடைந்துவிடுவான்.

ஒவ்வொரு முறையும் அறிவியல் பாடத்தில் புதிய செய்திகளுக்கேற்ப மாற்றங்கள் செய்யும்போது பழைய செய்திகளை ஏதும் குறைக்காமல், அதே நேரத்தில் புதிய செய்திகளையும் இணைத்து, பாடத்திட்டத்தை அளவில் அதிகமாக்கி விடுகிறார்கள். செய்திகளை அறிந்துகொள்வதையே இன்றும் வலியுறுத்தப்படுகிறதே தவிர, செய்திகளை அறியும் முறையை, அறிவியல் முறையை, அறிவியல் மனப்பான்மையைப் பெறுவதற்கு வழி செய்யப்படவில்லை. பள்ளிகளில் இன்றும் செய்முறை அதிகமாக வலியுறுத்தப்படவில்லை. தேர்வையே கருத்தில் கொண்டு பாடத்திட்டம் அமைக்கப்படுகின்றது. தொடர்புள்ள செய்திகளை இணைத்தும், தேவையில்லாத உயிரில்லாத பொருள்களை நீக்கியும் பாடத்திட்டம் தயாரிப்பதில்லை. பழைய செய்திகளையும், தற்காலத்திற்குப் பயன்படாத செய்திகளையும் பாடத்திட்டத்திலிருந்து நீக்குவதற்குப் பாடத்திட்டம் அமைக்கும் பணியில் ஈடுபடும் அறிஞர்களின் மனம் ஒப்புவதே இல்லை. அதன் விளைவாகப் புதிய செய்திகளும் இணைக்கப்பட்டு, பாடத்திட்டம் ஓர் ஆண்டில் முடிக்க முடியாமல் காலச் சிக்கனம் கருதிச் செயல்திட்டங்களை (Work Experiences) மேற்கொள்ளாமல் செய்திகளை மட்டும் கற்பித்து முடிக்கின்றனர். இதனால் ஆழ்ந்த அறிவோ அல்லது பொருளைப் புரிந்துகொள்ளும் ஆற்றலோ மாணவருக்கு ஏற்படுவதில்லை.

கல்விமுறையைச் சீரமைப்பதற்கு அமைக்கப்படும் குழுக்கள் ஒவ்வொன்றும் தற்காலப் பாடத்திட்டத்தைக் குறைகூறி எவ்விதம்

சீரமைக்கலாம் என்று தெளிவுபடுத்தி உள்ளனர். அண்மையில் (1964—66) அமைக்கப்பட்ட இந்தியக் கல்விக்குழுகூடத் தனது அறிக்கையில் 'அறிவு வளர்ச்சி மிக அதிக அளவில் பெருக்கம் அடைந்திருக்கும் இக் காலத்தில் பொருளியல், உயிரியல், சமூக வியல் போன்ற பாடப்பகுதிகளில் அடிப்படைக் கருத்துகள் சில மாற்றப்பட வேண்டும் என்றும், அண்மையில் ஏற்பட்டுள்ள வளர்ச் சிகளை மேலும்மேலும் பாடப்பொருளில் இணைத்து, தற்பொழுது கற்பிக்கப்படும் உபயோகமற்ற பல செய்திகளை நீக்க வேண்டும்' என்றும் பரிந்துரை செய்துள்ளது.

இன்று அறிவியலில் கற்பிக்கப்படும் பல செய்திகள் திரும்பத் திரும்ப வெவ்வேறு வகுப்புகளில் சிறிதளவு மாற்றத்துடனே கற்பிக்கப்படுகின்றன. உதாரணமாக, ஆக்ஸிஜன், கார்பன்டை ஆக்ஸைடு, நீர் போன்ற இரசாயனத் தலைப்புகளும், மின்காந்தத் தூண்டல், தந்தி, மின்சார மணி, காந்தத்தின் தன்மைகள் போன்ற பொருளியல் தலைப்புகளும் பல வகுப்புகளில் கற்பிக்கப் படுகின்றன. அத்துடன் சில தலைப்புகள் தற்கால வாழ்க்கையுடன் தொடர்பற்றவை என்று அறிந்துங்கூட அவற்றை இன்னும் பாடத் திட்டத்தில் இணைக்கப்பட்டிருப்பதைக் காணலாம். உதாரண மாக, நீர்நிலையியலில் (Hydrostatics) ஆர்க்கிமிடிஸ் தத்துவத் தைப் பயன்படுத்தி நீரில் கரையும் பொருள், கரையாப் பொருள் போன்றவற்றின் அடர்த்தி எண்ணைக் காணல், பல்வேறு முறை களில் பொருள்களின் அடர்த்தி எண்ணைக் காணல், பொருள்களின் சுயவெப்பம் காணுதல், நிலை மின்சாரம் பற்றிய பகுதிகள் அனைத்தும் தற்கால அறிவியல் வளர்ச்சிக்கு எவ்விதத்திலும் துணை புரியா. இவற்றைப்பற்றிய விரிவான தகவல்களை எல்லா மாணவர்களையும் படித்தறியச் செய்வது பொருளற்றது.

பாடப்பொருளைத் தேர்ந்தெடுப்பதில் கற்பிக்கும் ஆசிரியரே பெரும்பங்கு வகிக்க வேண்டும் எனினும், பொதுவாகப் பாடப் பொருளை மாநிலம் முழுமைக்கும் அரசினரே ஒரு நிபுணர் குழுவைக் கொண்டு ஆராய்ந்து முடிவு செய்கின்றது. இவ்வாறு தயாரித்த பாடத்திட்டத்தை (Draft Syllabus) அமுலுக்குக் கொண்டு வருமுன் அரசினர் இதழில் (St. George Fort Gazette) வெளியிடப்பட்டு, ஆசிரியர்கள் கருத்தைப் பெற்று, தேவையான இடங்களில் திருத்தம் செய்யப்பட்டு அங்கீகரிக்கப்பட்ட பாடத் திட்டமாக (Approved Syllabus) வெளியிடப்படுகின்றது. இப் பாடத்திட்டத்தையே எல்லாப் பள்ளிகளும் பின்பற்ற வேண்டும். பாடப்புத்தகங்களும் இப் பாடத்திட்டத்தையொட்டியே எழுதப் படுகின்றன. வளர்ச்சி பெற்று, ஆய்வக வசதிகள் நன்கு அமையப்

பெற்ற நகர்ப்புறப் பள்ளிகளுக்கும், தொடக்கநிலையில் உள்ளதும், கிராமச் சூழலில் அமையப் பெற்றதுமான வளர்ச்சியுறாத பள்ளிகளுக்கும் இப் பாடத்திட்டமே பொதுவாக அமைகின்றது. இவ்வமைப்பில் கற்பிக்கும் ஆசிரியர்கள் பல இடர்ப்பாடுகளைப் பெறுவதைப் பார்க்கலாம். பட்டறிவு மிக்க ஆசிரியர்கள், இது போன்று மற்றவர்கள் தயாரித்த பாடத்திட்டம் தங்கள் சூழ்நிலைக்கு ஒத்து வராததைக் காணலாம். இப்போதுள்ள அமைப்பில் இவ்வாறுதான் பாடத்திட்டத்தை ஏற்படுத்த இயலும் எனினும், என்றாவது ஒரு நாள் ஆசிரியரே பாடப்பொருளைத் தேர்ந்தெடுக்கும் நிலை ஏற்படலாம்.

பாடப் பொருளை நிர்ணயம் செய்வதற்குத் துணையாய் அமையும் கொள்கைகள்

பொதுவாக, பாடப்பொருளை நிர்ணயம் செய்யும்போது கீழ்க்கண்ட கொள்கைகளைக் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும்:

1 அறிவியல் கற்பிப்பதன் நோக்கங்களைக் கருத்தில் கொண்டு அந் நோக்கங்களைச் செயற்படுத்தும் வகையில் பாடப்பொருள் அமைய வேண்டும்.

அறிவியல் மனப்பான்மையை வளர்க்கும் விதத்தில் பாடப் பொருள்கள் பிரச்சினைகளாகவும், அப் பிரச்சினைகளை அறிவியல் முறையில் தீர்ப்பதற்கும், பயிற்சி அளிக்குமாறும் அமைதல் வேண்டும். மேலும், மாணவரது கைத்திறன்களையும், நல்ல பண்புகளையும் வளர்க்கும் வகையில் போதிய அளவு சோதனைகளும் அமைதல் வேண்டும்.

2. பாடத்திட்டத்தில் முக்கியமான, அடிப்படை அறிவியல் விதிகளும், தத்துவங்களும் இணைக்கப்பட வேண்டும்.

ஆற்றல் (Energy), அணுவின் அமைப்பு, இயக்க மூலக்கூறு கொள்கை (Kinetic Molecular Theory), நியூட்டனின் இயக்க விதிகள் போன்றவை எல்லா அறிவியல் பகுதிகளுக்கும் அடிப்படையானவை. இவற்றைப் போல அடிப்படையாக அமையும் விதிகளையும், கருத்துகளையும் பாடப் பகுதியில் இணைத்தல் வேண்டும்.

3. வெவ்வேறு வளர்ச்சிப் பருவங்களில் மாணவரது மனவளர்ச்சியையும், கவர்ச்சிகளையும் பொறுத்துப் பாடத்திட்டம் அமைத்தல் வேண்டும்.

தொடக்கநிலைப்பள்ளிகளில் உள்ள மாணவரது வளர்ச்சி பொதுவாகப் பின்வருமாறு அமைகிறது எனலாம்:

1. இவர்கள் மிகுந்த சுறுசுறுப்புடன் உடலை வருத்தியோ அல்லது மனதைத் தூண்டியோ செய்யப்படும் செயல்களில் மகிழ்வுடன் ஈடுபடுவர்.
2. தங்கள் அறிவுக்கு எட்டிய நிலையில் பழகும் பொருள்கள் மீது ஆர்வம் காட்டுவர். உயிர்ப்பிராணிகள், பலவகை வாகனங்கள், தாவரங்கள் போன்றவைமீது ஆர்வம் காட்டுவர்.
3. மிகச் சுலபமாகக் கிடைக்கின்ற முடிவுகளைக் கொண்ட சோதனைகள் இவர்களுக்கு ஆர்வமூட்டுவன
4. தங்களுடைய அனுபவத்தைக் கொண்டே ஒவ்வொரு செய்தியையும் விளக்கிக் கூறுகின்றனர்.
5. மிருகங்கள், பறவைகள், இயற்கை, தேவதைக் கதைகள் போன்ற தலைப்புகளைக் கொண்ட நூல்களைப் படிக்க ஆர்வம் காட்டுவர்.
6. படங்கள் வரைவதிலும், ஓவியங்கள் தீட்டுவதிலும் ஆர்வம் காட்டுவர்.
7. செயல்படும் விளையாட்டுப் பொருள்கள்மீதும், ஓடும் இரயில், பேருந்து, விமானம் போன்றவற்றின்மீதும் ஆர்வம் அதிகம்.
8. பொருள்களைச் சேகரித்து வைப்பதிலும், கட்டமைப்பதிலும் ஈடுபாடு உண்டு.
9. கார்ட்டூன் படங்கள் பார்த்தல், புத்தகங்கள் படித்தல், வானொலி கேட்டல் போன்றவை ஆர்வமூட்டும் செயல்களாகும்.

இதே போன்று நடுநிலைப்பள்ளி மாணவரது கவர்ச்சித் திறன்களையும் கீழ்க்கண்டவாறு வகைப்படுத்திக் கூறலாம்:

1. விரைவான உடல் வளர்ச்சி ஏற்படுகின்ற பருவமாகும்.
2. இவர்களுடைய ஆர்வம் விளையாட்டுகளிலும், குழு வேலையிலும், பொருள்களைச் சேகரிப்பதிலும், வீரச்செயல்களிலும், புதிர்களை (Mystery) விடுவிப்பதிலும் காணப்பெறும்.
3. இவர்கள் மற்றவர்களை மிஞ்ச வேண்டும் என்ற எண்ணம் படைத்தவர்கள்.
4. எதையும் ஆராய வேண்டும் என்ற எண்ணமும், புதியவை காண வேண்டும் என்ற துடிப்பும் அதிகம்.
5. தங்களைப்பற்றி அறிந்து கொள்ளவே ஆர்வம் கொள்வர்

6. அவர்களது விளையாட்டுகளும், குழு விளையாட்டுகளும் நன்முக அமைக்கப்பட்டவையாகவும் இருக்கும்.
7. நிறைய படிப்பதற்கு ஆர்வம் காட்டுவர்.
8. உயர்ந்த கொள்கைகளிலும், பெரியவர்களைப்போல் தொழிலில் ஈடுபடுவதற்கும் ஆர்வம் காட்டுவர்.

இதைப் போன்று உயர்நிலைப்பள்ளி மாணவர்களிடமும் பின் கண்ட கவர்ச்சித் திறன்களைக் காணலாம்:

1. தன்போக்கில் சுதந்தரமாக வாழவும், பெரியவர்களின் கட்டுப்பாட்டை விரும்பாமலும் இருப்பார்கள்.
2. பொறுமையுடனும், திறந்த மனத்துடனும் (Open mindedness), கொள்கைப் பிடிப்புடனும் (Idealism) வாழ ஆர்வம் காட்டுவர்.
3. மிக விரைவான உடல் வளர்ச்சி ஏற்படுகின்றது.
4. ஆண்களும், பெண்களும் வளர்ச்சி நிலையில் வெவ்வேறு அளவில் இருப்பர். பெண்கள் ஆண்களைக்காட்டிலும் விரைவிலேயே முதிர்ச்சி (Maturity) அடைவர்.
5. தங்களைப்பற்றி அறிந்துகொள்வதிலும் மற்ற இனத்தைப் பற்றி அறிந்துகொள்வதிலும் ஆர்வம் கொள்வர்.
6. தனித் திறமைகளும், தனிக் கவர்ச்சிகளும் (Specialised Interests) மிக அதிகமாகத் தோன்றும் காலம் இதுவாகும்.
7. கருத்துப் பொருளைப்பற்றி (Abstract Ideas) சிந்திப்பதற்கும், பிரச்சினைகளைச் சோதனை முறையில் தீர்ப்பதற்கும் தேவையான திறன்களும், மனவளர்ச்சியும் பெற்று விளங்குவர்.
8. பெரியவர்கள் காட்டும் நெறிப்படி தங்கள் பிரச்சினைகளைத் தீர்த்துக்கொள்ளும் மனப்பக்குவம் அடைந்துள்ளனர்.
9. 'பகட்டு' இல்லாமல் உண்மையையே அறிய ஆர்வம் காட்டுகின்றனர்.
10. வாழ்க்கையுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ள செய்திகளை அறிந்துகொள்ள ஆர்வம் காட்டுவர்.

ஆகவே, மேற்கூறியவாறு ஒவ்வொரு நிலையிலும் மாணவரது வளர்ச்சி நிலைகளை அறிந்து, எப்போது அவர்களுக்கு மனவளர்ச்சி ஏற்படுகின்றது, உடல் வளர்ச்சி எப்போது ஏற்படுகின்றது என்று அறிந்து அதற்கேற்ற வகையில் அவர்களது ஆர்வத்தைப் பொறுத்துப் பாடத்திட்டத்தை அமைத்தல் வேண்டும். பெரும்

பாலும் உயிரியல் பாடப்பகுதியைத் தொடக்க நிலையிலும், பொது அறிவியலை நடுநிலைப்பள்ளி நிலையிலும், உயர்நிலைப் பள்ளியில் தனித் திறமைகளுக்கேற்ப அறிவியலின் பகுதிகளை விரிவாகவும், கருத்துப் பொருள்களை அதிக அளவில் அமைத்தும், செய்முறை வேலைகளை அதிகமாக இணைத்தும் பாடத்திட்டத்தை அமைக்கலாம்.

4. மாணவரின் சூழ்நிலையில் காணப்படும் அறிவியல் கருத்துகளை அமைத்தல் வேண்டும்.

மாணவர்களுக்கு அறிமுகமான அறிவியல் செய்திகளை இணைப்பதால், மாணவர்களின் தேவையைப் பூர்த்தி செய்வதுடன், அவற்றில் பயன்படுத்தப்படும் அறிவியல் தத்துவங்களையும் கற்பதற்கு ஆவலுடன் இருப்பார்கள். உதாரணமாக, 'சைக்கிள்' அன்றாட வாழ்க்கையில் மிகச் சாதாரணமாகப் பயன்படுத்தும் ஓர் இயக்க சாதனம். அதில் உள்ள கியர் (Gear) அமைப்பையும், தடையை (Friction) நீக்கப் பயன்படுத்தும் அமைப்புகளும், (Ball Bearing), சமநிலைப்படுத்தலும் நெம்புகோல் தத்துவமும், பற்சக்கரங்களில் உள்ள பற்களின் எண்ணிக்கையைக் கொண்டு, சைக்கிளின் வேகத்தைக் கணக்கிடுதலும் போன்ற பல அறிவியல் கருத்துகளைக் கற்பிக்கலாம். மண் அரிப்பைப்பற்றிப் புத்தகத்தின் வாயிலாகப் படித்து அறிவதை விட நேரில் பார்த்து அறிந்த மாணவர்களுக்கு அச் செய்திகளைச் சுலபமாகப் புரிந்துகொள்ள இயலும். அதே போன்று நெருக்கமான நகரங்களில் வாழும் மாணவர்கள் மழையினால் ஏற்படும் விளைவுகளையும், பயிரிடுதல் போன்ற செய்திகளையும் அறிந்து கொள்வதைவிடக் கிராமப் புறச் சூழ்நிலையில் உள்ள மாணவர்கள் சிறந்த அறிவைப் பெற வாய்ப்புண்டு. நகர்ப்புற மாணவர்கள் சில கருவிகள் இயங்கும் விதத்தையும், நவீன கருவிகளைப் பற்றியும் அறிந்த அளவிற்குக் கிராமப் புற மாணவர் அறிந்திருக்க இயலாது. எனினும், இச் சூழ்நிலை காரணமாக உள்ள வேறுபாடு அண்மைக் காலமாகக் குறைந்து வருவதையும் காணலாம்.

5. சமுதாயத் தேவைகளுக்கேற்பவும் பாடத்திட்டம் அமைத்தல் வேண்டும்.

வளர்ந்து வரும் நாடுகளில் அறிவியல் அறிவு எவ்வகையில் வளர்ச்சித்திட்டங்களுக்கு உதவ முடியும் என்று கண்டு, அப்பகுதிகளை இணைத்தல் வேண்டும். இன்று வளர்ந்துவரும் நாடுகளை முன்னோக்கியுள்ள பிரச்சினைகள் நான்கு வகைப்படும். (1) பெருகி

வரும் மக்கள் தொகை, (2) வறுமை, (3) உணவுப்பற்றுக்குறை, (4) பிணி, இந் நான்கிலும் வறுமையை ஒழித்தால், மக்களது வாழ்க்கைத் தரம் உயரும். அதனுல் மற்றப் பிரச்சினைகளை ஓரளவு சமாளிக்கலாம். நாட்டில் தொழில் வளம் பெருகச் செய்தால் தான், வறுமையை ஒழிக்க முடியும். சிறு தொழில்கள் தொடங்கு வதுடன், நாட்டின் இயற்கை வளங்களைப் பயன்படுத்தவும் போதிய வாய்ப்புகள் ஏற்பட வேண்டும். ஆகவே, சமுதாயத்தில் முக்கியமாக நடைபெறும் தொழில்களை மையமாகக் கொண்டு பாடத்திட்டத்தில் பாடங்களை அமைப்பதுடன் நம் நாட்டில் நடைபெறும் விவசாயத் தொழிலுக்கேற்ற வகையில் விவசாயத் தேவைகளான மண் வளம், மண்ணின் அமிலத் தன்மை (Acidity of the Soil), பொறுக்கு விதைகள், செயற்கை உரங்கள் தயாரிக்கும் முறைகள், பூச்சிகொல்லி மருந்துகள்பற்றிய சில பாடங்களும் இடம் பெறுதல் வேண்டும். சுண்ணும்புக் கற்கள் (Limestone) கிடைப்பதைக் கொண்டு அமைந்த சிமென்டுத் தொழிற்சாலைகள், நிலக்கரி கிடைப்பதைக் கொண்டு நடைபெறும் தொழில்கள், அனல் மின்சார நிலையங்கள், நீர் மின்நிலையங்கள் போன்ற சுற்றுப்புறங்களில் நடைபெறும் தொழில்களை மையமாகக் கொண்டு பாடத்திட்டத்தை அமைத்தல் வேண்டும். இதே போன்று நகர்ப்புறங்களில் நகராட்சித் துறைகள் குடிநீர் சுத்தப் படுத்தும் முறையையும், மின்சாரம் சப்ளை செய்யும் முறையையும், கழிவுப்பொருள்களை எவ்வாறு வெளியேற்றுகின்றனர் என்ற முறையையும் மாணவர்கள் அறிவாராயின், அறிவியல் எவ்வாறு சமுதாயத்திற்குச் சேவை செய்கின்றது என்பதை அறிவதும் மட்டுமன்றி, குடிமகன் என்ற முறையிலும் இவை எவ்வாறு சமுதாயத்திற்குச் சேவை செய்கின்றது என்பதை அறிவது மட்டுமன்றி, குடிமகன் என்ற முறையிலும் இவை எவ்வாறு செயல்படுகின்றன என்றும் அறிய வாய்ப்பு கிடைக்கும். மக்களின் உடல்நலம் பேணுவதுபற்றியும், மக்களைப் பீடிக்கும் பிணிகள் பற்றியும் அவற்றை ஒழிப்பது பற்றியும் பாடப்பகுதிகள் இணைக் கப்படல் வேண்டும்.

6. மாணவர்கள் நன்ருக அறிந்துகொண்டு கற்கும் அறிவியல் செய்திகளை அதிகரித்தும், மனப்பாடம் செய்யும் பகுதிகளைக் குறைத்தும் பாடத்திட்டத்தில் அமைத்தல் வேண்டும்.

அறிவியல் செய்திகள் ஒவ்வொன்றும் எவ்வாறு தொடர் புடையது என்று நன்ருகப் புரிந்துகொண்டு கற்க வேண்டும். பாடப்பகுதிகளை வலியுறுத்துவதைவிட, அறிவியல் அறிஞர்கள் எவ்வாறு நுட்பங்களைப் பயன்படுத்தியுள்ளனர் என்பதையும்

ஆராயும் தன்மையையும், வலியுறுத்தும் வகையில் பாடத்திட்டம் அமைக்கப்பட வேண்டும்.

7. கற்பிக்கும் பாடப்பொருள் அனுமதிக்கப்பட்ட நேரத்தில் இருக்கின்ற வசதிகளைக் கருத்தில் கொண்டு அமைக்கப்பட வேண்டும்.

ஓராண்டிற்கு அறிவியலுக்கு அனுமதிக்கப்பட்ட நேரம் சுமாராக 150 மணி நேரம் என்று கொண்டால், அக் குறிப்பிட்ட நேரத்தில் அறிவியலின் எல்லாப் பகுதிகளையும் கற்பிக்க இயலாது. அவ்வாறே கற்பித்தாலும், அவற்றைப் படித்து மாணவர்கள் பள்ளியை விட்டு வெளியேறும்போது அறிவியலில் ஏற்படும் வளர்ச்சியால் பயின்ற செய்திகள் அனைத்தும் பயனற்றுப் போகின்றன. ஆகவே, ஒவ்வொரு பகுதியிலும் செய்திகளனைத்தும் கலைக்களஞ்சியம் போலக் கற்பிக்காமல் முக்கியமான செய்திகளைத் தேர்ந்தெடுத்து ஆழமாகக் கற்பிப்பது நல்லது.இக்கருத்தைச்செயற்படுத்த வேண்டுமாயின், தற்பொழுது கற்பித்து வரும் பாடப்பகுதிகளில் சிலவற்றை நீக்கி விடுதல் வேண்டும். பாடப்பகுதியில் இணைக்கப்பட்ட தலைப்புகளைக் கற்பிக்கப் போதிய அளவில் கருவிகள் இருத்தல் வேண்டும். அவ்வாறு கருவிகள் இல்லையாயினும், ஆசிரியர்கள் தாங்களாகவே செய்துகொள்ளும்படியாக அமைத்தாலும் நல்லது. கருவிகள் ஏதுமின்றிப் பாடப்பொருளை முழுதும் கருத்துப் பொருளாகக் கற்பிப்பதில் பயன் ஏதுமில்லை.

8. மாணவர்களின் கவர்ச்சிகள் பால் வேற்றுமையைப் (Sex Differences) பொறுத்தும் மாறுபடுகின்றன.

பொதுவாகப் பெண்கள் தாங்கள் பழகுமுலகம் மிகவும்குறுகியதாக அமைவதாலும், இயற்கையாய் அமைந்த கவர்ச்சிகளாலும், அறிவியலில் உயிரியல் பகுதியைக் கற்பதில் மிகவும் ஆவல் கொள்கின்றனர் என்று ஆராய்ச்சிகள் மூலம் கண்டிருக்கின்றனர். உயிரியலுக்கு அடுத்தபடியாக வேதியிலியல் அவரது கவர்ச்சிகள் அமைகின்றன. வேதியியலிலும் சாயம் தயாரித்தல், சாயமிடுதல், பாத்திரங்களை இரசாயனப் பொருள்களைக் கொண்டு சுத்தம் செய்தல், நீரின் கடினத்தன்மையும் அதனை நீக்கும் முறைகள், கறைபடிதலும் (Stains) அவற்றை நீக்குதலும் போன்ற பகுதிகளிலே அவரது நாட்டம் இருப்பதாக ஆராய்ச்சியாளர் கூறுகின்றனர். இதற்கு நேர்மாறாக ஆண்கள் இயந்திரங்களின் அமைப்புகள், அவை செயல்படும் முறைகள், இயக்க விதிகள், ஆற்றல் போன்ற பொருளியல் பகுதிகளில் விருப்பம் கொள்வதாகவும் கண்டிருக்கின்றனர். ஆகவே, பாடப்பகுதிகளைத் தேர்ந்தெடுக்கும்போது, இவ்வின வேறுபாட்டின் காரணமாக ஏற்படும் கவர்ச்சிகளையும் கருத்தில் கொண்டு அமைத்தல் வேண்டும்.

9. அண்மையில் ஏற்படும் வளர்ச்சிகளையும் கருத்தில் கொண்டு, பாடத்திட்டம் அமைக்க வேண்டும்.

பாடத்திட்டம் என்பது எக் காலத்திற்கும் நிலையானதாக இருக்க முடியாது. அதிலும் அறிவியல் கருத்துகள் வேகமாக வளர்ச்சி பெற்று வரும்போது, அறிவியல் பாடத்திட்டம் நெடுங் காலத்திற்கு நிலையாக மாற்றமில்லாமல் இருக்கவியலாது. ஆகவே, அவ்வப்போது அண்மைக் காலமாக ஏற்படும் ஆராய்ச்சிக் கருத்து களின் அடிப்படைச் செய்திகளை விளக்கும் வகையில் சில பகுதிகள் இணைக்கப்பட வேண்டும்.

ஆகவே, பொருளியல் பாடப்பொருளை மேற்கண்ட கருத்துகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு தேர்ந்தெடுத்தல் வேண்டும். தொடர்புள்ள செய்திகளை ஒருங்கிணைத்துப் பொது வான தலைப்புகளிலே அமைக்கலாம். தேர்ந்தெடுத்த பொருளை அமைப்பதில் பல முறைகளைக் கையாளலாம். அவற்றை ஈண்டுக் காணலாம்.

தலைப்பு வரிசை அமைப்பு (Topical Orgnisation)

கற்பிக்க வேண்டிய பொருள்களைச் சில தலைப்புகளின் கீழ் அமைத்து ஒவ்வொரு தலைப்பாகக் கற்பித்தலைத் தலைப்பு வரிசை அமைப்பு என்பர். இம் முறையில் அறிவியல் பாடத்தைப் பொருளியல், வேதியியல், உயிரியல் என்று பிரிப்பதற்குப் பதிலாக, சில தலைப்புகளின்கீழ் எல்லாச் செய்திகளையும் அடக்கி விடுவர். எடுத்துக்காட்டாக, 'காற்று' என்று எடுத்துக்கொண்டால்,

காற்று ஒரு கலவை.

காற்றில் கலந்துள்ள வாயுக்கள், அவற்றின் அளவு, அவற் றைப் பிரிக்கும் முறை.

காற்றின் அழுத்தம்.

காற்றின் அழுத்தம் காணும் முறை, கருவிகள்.

காற்றின் அழுத்தமும், காலநிலை விளைவுகளும்.

காற்றின் அழுத்தத்தால் இயங்கும் கருவிகள்.

நைட்ரஜன் வாயுவும், உயிரினங்களும்,

நைட்ரஜன் சுழற்சி (Nitrogen Cycle)

உயிரினங்கள் சுவாசித்தல் என அறிவியலின் பகுதிகளாகப் பிரிக்காமல் பாடப்பொருள் அனைத்தையும் ஒரு தலைப்பின்கீழ்க்

கற்பித்தல் ஆகும். 'நீர்', 'உணவுச் சத்துகள்', 'அலை இயக்கம்' என இதே போன்று ஒவ்வொரு தலைப்பையும் அமைத்துக் கற்பிப்பது இம் முறையின் சிறப்பாகும்.

பிரச்சினைகளாக அமைத்து ஒழுங்குபடுத்துதல் (Problem pattern of Organisation)

இம் முறையில் பாடப் பொருள் முழுவதும் பெரும்பகுதிகளாக அல்லது அலகுகளாக அமைத்துக்கொண்டு, ஒவ்வோர் அலகையும் ஒரு பெரும்பிரச்சினையாக எழுப்பிக் கொள்ளுதல் ஆகும். பின்னர் இப் பெரும்பிரச்சினையைக் கற்றலுக்கு ஏற்ற வகை சிறுசிறு பிரச்சினைகளாகப் பிரித்துக்கொண்டு கற்கும் மாணவரது ஆர்வத்தைத் தூண்டி விடை காணச் செய்தல் ஆகும். எடுத்துக்காட்டாக, 'காந்தம்' பற்றிய பாடத்தைப் பின் கண்டவாறு பிரச்சினைகளாக அமைக்கலாம்:

காந்தங்கள் எவ்வாறு செயல்படுகின்றன ?

பிரச்சினை 1 : காந்தத்தின் தன்மை என்ன ?

பிரச்சினை 2 : காந்தங்களை எவ்வாறு செய்யலாம் ?

பிரச்சினை 3 : காந்த ஊசி ஏன் திசையைக் காட்டுகின்றது ?

பிரச்சினை 4 : காந்தத் தன்மையை எவ்வாறு விளக்க முடியும் ?

ஆனால், இம் முறையில் பிரச்சினைகள் முழுதும் மாணவர்களால் ஏற்படுத்தப்பட்டாலன்றி இம் முறை சிறந்த பயனளிக்காது.

ஆய்வக அனுபவங்களைக் கொண்டு அமைத்தல் (Organisation about Laboratory Experiences)

இவ்வமைப்பில் கற்க வேண்டிய பாடப்பகுதிகள் அனைத்தையும் சோதனைகளாக வரிசைக் கிரமமாக அமைத்து மாணவரைச் செய்யச் சொல்லுதல் வேண்டும். சில பிரச்சினைகள் எளியவையாக அமையலாம்; சில கடினமாக அமையலாம். ஒவ்வொருவரும் தேவையான சோதனைக் கருவிகளை அமைத்துச் சோதனைகளைச் செய்து, தகவல்களைச் சேகரித்து, பிரச்சினையை முடித்தல் வேண்டும். அதன் பின்னர் வேறு ஒரு பிரச்சினைக்குச் செல்லுதல் வேண்டும். இதன் அடிப்படையிலேயே அண்மையில் பொருளியலிலும், வேதியியலிலும், பாடப்பகுதிகள் ஆய்வகச் சோதனைகளை அடிப்படையாகக்கொண்டு அமைக்கப்படுகின்றன.

பொது மைய ஒழுங்கு (Concentric Plan)

ஒரு புள்ளியை மையமாகக் கொண்டு பல வட்டங்கள் வரையப்படுவது போல, இம் முறையில் ஒரு பாடத்தின் சில விவரங்களைக் கீழ்வகுப்பு ஒன்றிலும், அதே தலைப்பின்கீழ், அப் பாடத்தின் கூடுதலான விவரங்களை மாணவர்களின் மனவளர்ச்சியைக் கொண்டு அடுத்த மேல் வகுப்பில் சில செய்திகளையும், அதே தலைப்பின்கீழ் அதனை அடுத்த மேல் வகுப்பில் சில விரிவான விளக்கங்களையும் அமைத்துக்கொண்டே செல்வது ஆகும். வட்டங்களின் பரப்பு ஒரு புள்ளியிலிருந்து விரிந்து செல்வதுபோல், பாடத்தின் தலைப்பு ஒன்றேயாயினும், மாணவரது மனவளர்ச்சியை முற்றிலும் அடிப்படையாகக்கொண்டு மேலும் மேலும் செய்திகள் அமைக்கப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, 'நீர்' என்ற அலகின்கீழ் முதல் ஆண்டில் 'நீர்' கிடைக்கும் பல்வேறு இடங்களையும் (Sources), அதனை எந்தெந்த முறைகளில் சுத்தப்படுத்திச் சேமித்து வைத்துக் குடிநீராக மாற்றுவது என்பதையும், இரண்டாம் ஆண்டில் நீரின் இயைபையும், நீரின் வகைகளையும். மூன்றும் ஆண்டில் கடினநீர், மென்னீர் என்பதையும், கடினத்துவத்தை நீக்கும் முறைகளையும் படிப்படியாக அமைத்துக் கற்பிப்பது பொது மைய ஒழுங்கு முறையாகும். இவ்வாறே 'தனி எந்திரங்கள்' என்ற அலகினையும் சில எளிய தலைப்புகளாகப் பிரித்துக்கொண்டு, பல்வேறு வகுப்புகளில் கற்பிக்கலாம்.

வரலாற்று ஒழுங்கு (Historical Order)

பொருள்கள் ஒவ்வொன்றும் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட வரிசைக்கிரமத்தைக் கொண்டு அதன்படியே கற்பித்தல் வரலாற்று ஒழுங்கு எனப்படும். முதலில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட செய்திகளை முதலில் அமைத்தும், மற்றவற்றைத் தொடராக அமைத்தும் கற்பிக்கலாம். ஆதி மனிதனின் கவனமும், கவர்ச்சியும் முதலில் தன்னைப்பற்றியும், தன்னைச் சுற்றியுள்ள உயிரினங்களைப்பற்றியும், பின்னர் வானத்தைப்பற்றிய இயற்கை அறிவையும் அறிந்துகொள்ளவே ஆர்வம் காட்டினுன்; அதன் பின்னர்ப் பொருள்களின் தன்மை குறித்தும், உலோகங்களைக் கையாளும் முறை பற்றியும், பின் இயக்கங்கள் பற்றியும் அறிந்து கொண்டான். ஆகவே, முதலில் பள்ளிகளில் அறிவியல் பிரிவில் உயிரியல், வானயியல், வேதியியல், பொருளியல் என்ற வரிசையில் அமைத்துக் கற்பிக்க வேண்டும். வேதியியலில் அனங்கக வேதியியலை (Inorganic Chemistry) முதலிலும், அங்கக வேதியியலை (Organic Chemistry) பின்னரும் கற்பிக்க வேண்டும்.

காரண காரிய ஒழுங்கு (Logical Order)

ஒரு பொது விதியிலிருந்து படிப்படியாகச் செய்திகளை அறிவது காரண காரிய ஒழுங்கு என்று கூறலாம். வேதியியலில் பொருள்களைத் தனிமங்கள் என்றும், கூட்டுப்பொருள்கள் என்றும், கலவைகள் என்றும் வகைப்படுத்துகின்றனர். இம் முறையில் முதலில் எல்லாத் தனிமங்களைப்பற்றியும், பின் கூட்டுப் பொருள்கள் பற்றியும் கற்பிக்கலாம். அல்லது மாண்டலிஃப் (Mandeleef) ஆவர்த்தன அட்டவணையில் (Periodic Table) அமைக்கப்பட்ட ஒழுங்குபடி ஒவ்வொரு வரிசையிலுள்ள தனிமங்களையும், அவற்றின் தன்மைகளையும், கூட்டுப்பொருள்களையும் பற்றிக் கற்பிக்கலாம். அதே போன்று வேதியியலில் உலோகங்கள் அலோகங்கள் எனவும் பிரித்து ஒவ்வொரு பொருளைப் பற்றியும் அமைத்துக் கற்பிக்கலாம்.

தமிழக அறிவியல் பாடத்திட்டம்

நம்முடைய அறிவியல் பாடத்திட்டம் மிகவும் விரிவாக அமைக்கப்பட்டுள்ளது. எல்லாப் பள்ளிகளும் இப் பாடத்திட்டத்தைப் பின்பற்றியே கற்பிக்க வேண்டும். பாடப் புத்தகங்களும் இவ்வங்கீகரிக்கப்பட்ட பாடத்திட்டத்தைப் பின்பற்றியே எழுதப்பட்டுள்ளன. பாடத்திட்டத்தின் தொடக்கத்திலேயே அறிவியல் கற்பிப்பதன் நோக்கங்கள் தெளிவாக்கப்பட்டுள்ளன. பாடங்களும் எல்லா மாணவர்களுக்கும் பொதுவான பொது அறிவியல் (Core Science) என்றும், அறிவியலில் நாட்டமுள்ள மாணவர்களுக்கென விருப்பப் பாடமாக அறிவியலின் எல்லாப் பாடப்பகுதிகளும் தனித்தனியாக இணைக்கப்பட்டு ஏதாவது ஒரு பாடத்தை விரும்பிப் பயில ஏற்பாடு செய்யப்பட்டுள்ளது.

நமது பாடத்திட்டத்தில் பாடங்கள் கற்பிப்பதின் நோக்கங்கள் தெளிவாக்கப்பட்டுள்ளன. பொதுவாக அறிவியல் தலைப்புகளைக் கற்பிக்கும்போது மாணவர்களது ஆராய்வூக்கம் (Spirit of Inquiry) தூண்டப் பெறல் வேண்டும் என வலியுறுத்தப் பட்டுள்ளது. பாடப்பகுதிகள் அனைத்தும் பள்ளிகளில் வசதிகள் அமைந்தாலும், அமையாவிட்டாலும் கற்பிக்கப்பட வேண்டும். ஆதலின், வசதியற்ற பள்ளிகளில் பெரும்பாலும் கற்பித்தல் சோதனைகளின் அடிப்படையில் நிகழாமல் விரிவுரை முறையில் கருத்துப் பொருளாகவே அமைந்து விடுகிறது. மேலும், கற்பிக்கப்பட வேண்டிய தலைப்புகளின் விவரங்களும், வகுப்பில் செய்ய வேண்டிய செய்து காட்டும் சோதனைகளும், ஆய்வக வேலைகளும் சுட்டிக் காட்டப்பட்டு, குறிப்பிட்ட தலைப்பினை எவ்வளவு

காலத்தில் முடிக்க வேண்டுமெனவும் உணர்த்தப்பட்டுள்ளது. பாடத் தலைப்புகள் வரிசையாக அமைக்கப்பட்டிருந்தாலும், தொடர்புள்ள செய்திகள் எங்கு அமைந்திருந்தாலும், அவற்றின் தொடர்பினை ஏற்படுத்திக் கற்பிக்கலாம் என்றும் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளது.

அண்மையில் வெளியிடப்பட்டுள்ள அறிவியல் பாடத்திட்டம் சிறந்த முறையில் தயாரிக்கப்பட்டு, புதிய கருத்துகளுடன் மாணவரது ஆராயுந்தன்மையைத் தூண்டும் வகையிலேயே அமைக்கப்பட்டுள்ளது. புதிய பாடத்திட்டத்தில் இணைக்கப்பட்ட பெரும்பாலான செய்திகள் ஆசிரியர்களுக்கு முற்றிலும் புதியவையல்லவெனினும், அவற்றைக் கற்பிக்கும் முறையில் மாற்றம் செய்யப்பட்டுள்ளதை உணருதல் வேண்டும். புதிய போக்கில் கற்பிக்கும் நோக்குடன் ஆசிரியர்களுக்குப் பணியிடைப் பயிற்சி தற்பொழுது அளிக்கப்பட்டு வருகின்றது. புதிய பாடத்திட்டம் எந்த நோக்கங்களுடன் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளதோ, அவற்றை நன்குணர்ந்து ஆசிரியர்கள் கற்பிப்பாராயின், சிறந்த பயனைப் பெற வாய்ப்புண்டு எனலாம்.

மேல்நாடுகளில் அறிவியல் பாடத்திட்டத்தில் ஏற்பட்டுள்ள புதிய போக்குகள்

அமெரிக்க நாட்டில் சென்ற பல ஆண்டுகளாக அறிவியல் கற்பிப்பதில் உள்ள குறைகளைக் கண்டு, அவற்றை நிவர்த்தி செய்வதற்கு முயன்று வருகின்றனர். அறிவியல் அறிஞர்களும், ஆசிரியர்களும் மாணவர்கள் அறிவியல் செய்திகளை விளக்கிக் கூறும் திறன் பெற்றிராததைப் பொறுத்து அண்மைக் காலமாகக் குறை எழுப்பினர். அறிவியல் செய்திகளை அறிந்த அளவுக்கு அறிவியல் முன்னேற்றத்துக்கு அடிப்படையான அறிவியல் முறையோ அல்லது ஆராயுந்தன்மையோ அவர்களிடம் காணப் பெறவில்லை. கற்ற செய்திகளும் மிகப்பழைய செய்திகளாகவே அமைந்தன. புதிய செய்திகள் தொடர்பான பாடப்பகுதிகளுடன் இணைக்கப்படாமல், தனியாக ஓர் அத்தியாயமாகவே அமைத்துக் கற்பிக்கப்பட்டது. அறிவியல் கற்பிப்பதில் ஒரு புரட்சியை ஏற்படுத்தப் பல்கலைக்கழக ஆராய்ச்சியாளர்களையும், பேராசிரியர்களையும், பட்டறிவு மிக்க ஆசிரியர்களையும் ஒருங்கிணைத்து, பொருளியல், வேதியியல், உயிரியல், புவியியல் (Earth Science) ஆகிய பாடப் பகுதிகளைக் கற்பிக்கவும், புதிய திட்டத்தை உருவாக்கவும் குழுக்களை ஏற்பாடு செய்தனர். அக் குழுக்கள் 'The Physical Science Study Committee (PSSC)'

என்றும், 'The Chemical Bond Approach (CBA)' என்றும், 'The Chemical Education Materials Study Committee (CHEM)' என்றும், 'Earth Science Study Committee Project (ESCP) என்றும், 'Biological Sciences Curriculum Study (BSCG)' என்றும் அழைக்கப்பட்டன. இக் குழுக்களுக்குத் தேசிய அறிவியல் ஸ்தாபனம் (National Science Foundation) தேவையான அளவு நிதி உதவி அளித்தது. ஒவ்வொரு குழுவும் புதிய அறிவியல் செய்திகளைப் பள்ளி அறிவியல் திட்டத்தில் இணைப்பதற்குப் புதிய பாடப் புத்தகங்களைத் தயாரித்தனர். பாடப் புத்தகங்களில் கூறப்பட்ட செய்திகளையொட்டி ஆய்வகச் செய்முறை ஏடுகளையும் (Laboratory Guides), ஆசிரியருக்கு உதவும் குறிப்புகளடங்கிய நூல்களையும் (Teachers' Guides), பாடப் பகுதிகளில் உள்ள செய்திகளை விரிவாக்கும்பொருட்டுப் பல தலைப்புகளில் தொடர்படிப்பு நூல்களும் (Supplementary Readers), திட்டத்தை ஒட்டித் தயாரிக்கப்பட்ட எளிய சோதனைக் கருவிகளும் (Laboratory Kits), பல தலைப்புகளில் தயாரிக்கப்பட்ட சலனபடங்களும், காட்சிக் கேள்விக் கருவிகளும், தரப்படுத்தப்பட்ட அடைவுச் சோதனைகளும் (Standardised Achievement Tests) சிறப்பான அமிசங்களாகும்.

பொருளியல் (PSSC Physics)

பொருளியல் பாடப் புத்தகத்தில் தொன்றுதொட்டுக் கற்பிக்கப்பட்டு வந்த பல செய்திகள் (Traditional Ideas) நீக்கப்பட்டு அடிப்படைத் தத்துவங்களும் அண்மைக் கால வளர்ச்சியும் பயனுள்ள வகையில் முற்றிலும் புதிய நோக்குடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. பொருளியல் என்பது ஒரே பாடப் பிரிவு என்பது வலியுறுத்தப்பட்டுள்ளது, 'காலம் (Time), பொருள் (Matter), அண்டம் (Space) என்பவை பிரிக்க முடியாதவாறு ஒன்றோடொன்று பின்னிப் பிணைந்தவை. பொருளியல் என்பது வளர்ச்சி பெற்று வரும் பாடப்பகுதி. இவ் வளர்ச்சி மாணவர்களைப் போன்றவர்களின் கற்பனைத் திறத்தினுல் ஏற்பட்டது' என்பதனைப் பாடநூலின் முன்னுரையில் தெளிவாக்கியுள்ளனர். இத் திட்டத்தில் பாடநூலினைவிட ஆய்வகம் சிறந்த பங்கினை ஏற்கின்றது. இலக்கணங்களையும், விதிகளையும் கற்பதற்கு ஆய்வக வேலை வலியுறுத்தப்படுகிறது. வழக்கமாகப் பயன்படுத்தப்படும் சமையற்புத்தகம் போன்று ஆய்வகச் செய்முறை ஏடு அமையாமல், மாணவர்களைச் சிந்திக்க வைத்து விடைகளைக் காணுமாறு இவ்வேடுகள் அமைகின்றன. சோதனைகளை அமைப்பதில் முக்கியமாக நான்கு நோக்கங்கள் கருத்தில் கொள்ளப்பட்டுள்ளன:

1. திட்டமிட்டபடி விவரங்களைச் சேகரித்து எதிர்பார்க்கும் விடைகள், அமையும் சோதனைகளிலிருந்தும் முற்றிலும் மாறு பட்டவை இத் திட்டத்தின் சோதனைகள் ஆகும்.

2. மிகவும் எளிய கருவிகளைக் கொண்டு மாணவர்களால் அமைக்கப்படும் சோதனைகளைக் கொண்டவை.

3. குறிப்புணர்த்தியபடி மேலும் தொடர்ந்து சோதனைகள் செய் வதற்கு வாய்ப்புகள் உள்ளன. சோதனையின் அடிப்படையில் கொள்கைகள் அமைக்கப்படுகின்றன.

4. அறிந்த கருத்துகளைக் கொண்டே சோதனைகள் பின்பற்றப்-படுகின்றன.

இத் திட்டத்தின்கீழ்த் தயாரிக்கப்பட்ட பாடப்பொருள்களை உபயோகப்படுத்தியவர் அனைவரும் இத் திட்டத்தில் ஆய்வகத் திற்கு ஒரு முக்கியமான பங்கு இருப்பதையும், கற்பிக்கப்படும் கொள்கைகள் ஆய்வக வேலையுடன் ஒன்றிப் போவதையும் உணர் கின்றனர்.

வேதியியல் (Chemistry)

தொடக்கத்திலிருந்தே வேதியியல் என்பது வெடிகளும் வண்ணமாற்றங்களும், கொப்பளிக்கும் வாயுக்குமிழிகளும், விதவித மான உருமாற்றங்களும் நிகழும் மகிழ்வூட்டக்கூடிய பாடம் என்ற எண்ணத்துடன் மாணவர்கள் அவ் வகுப்பில் சேர்கின்றனர், ஆனால், வேதியியலோ நடைபெறுவது முழுவதும் கருத்துப் பொருளாகவும் (Abstract Ideas) விதிகளையும், தத்துவங்களையும், உண்மைகளையும், வாய்பாடுகளையும்(Formulae), சந்தேகங்களையும், சமன்பாடுகளையும் மனப்பாடம் செய்ய வேண்டியவையாகவும் அமைவதால், மாணவரிடம் தொடக்கத்தில் இருந்தக வர்ச்சி குறை வதைக் காணலாம். இரசாயனச் சோதனைகளும் திட்டமிட்ட முறைப்படியே அமைக்கப்படுவதால், எவ்வித ஆர்வமும் தோன்ற முடியாமல் போனது. ஆகவே, இரசாயனத்தில் மாணவரிடம் ஒரு கவர்ச்சியை ஏற்படுத்த 'இன்டியானு' மாநிலத்தில் உள்ள Rich. mond-ல் 1959ஆம் ஆண்டு Chemical Bond Approach குழுவினர் (CBA) முனைந்தனர். தற்கால இரசாயனத்தில் இடம்பெறும் அணுக்கள் ஒன்றோடொன்று பிணையும் முறையும்(Nature of bond), பிணைந்து புதிய கூட்டுப் பொருள்கள் ஏற்படுவதும், அவற்றின் தன்மைகளும் பொதுவான கருத்துகள் ஆகும். பொருளியலில் குவான்டம் கொள்கையும் (Quantum Theory), அலையியக்கவியலும் தோன்றியதன் விளைவாக அணுக்களில் ஓடிவருகின்ற எலக்டிரான் களின் தன்மைகளையும் இரசாயனப்பிணைவில் (Chemical Bond)

அணுக்கள் பிணையும் முறையையும் தெளிவாக்கப்பட்டுள்ளன. ஆய்வக வேலையும், பாடநூலில் உள்ள செய்திகளுடன் நெருங்கிய தொடர்பு கொண்டுள்ளன. ஆய்வக வேலைகள் ஒவ்வொன்றும் ஒரு பிரச்சினையாகவோ (Problem) அல்லது புதிராகவோ (Puzzle) அமைக்கப்பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு சோதனையிலும் புதிரை விடுவித்தாலும், அல்லது தவறு ஏற்பட்டாலும் மேற்கொண்டு தொடர்வேலையில் ஈடுபட வாய்ப்புண்டு. இவ்வாறு புதிய செய்திகளை ஆராய்வதில் மாணவர் மிகுந்த ஈடுபாடுடன் செயல் படுகின்றனர்.

இதைப் போன்று, வேறு இரசாயனத்துறை அறிஞர்கள் பெர்க்லி (Berkeley), கலிபோர்னியாப் பல்கலைக்கழகத்தில் 1960-ல் ஒன்றுகூடி வேறு முறையில் இரசாயனப் பாடத்தைப் புதிய நோக்குடன் கற்பிப்பதற்கான ஒரு தொகுதிப்பொருள்களை வெளியிட்டு இருக்கிறார்கள். அதற்கு Chemical Education Material Sduty (CHEM Study) என்று பெயர். இம் முறையிலும் பாடச் செய்திகள் ஆய்வக வேலையுடன் ஒன்றாக இணைக்கப்பட்டு ஆராயும் நோக்கை (Discovery Approach) அடிப்படையாகக்கொண்டே அமைக்கப்பட்டுள்ளன.

நிலவியல் (Earth Science)

அமெரிக்க நாட்டில் வானியல் (Astronomy), புவியியல் (Geography), வானவெளியியல் (Meterology), கடலியல் (Oceanography) போன்ற அறிவியல்களில் பொதுவான தொடர்புள்ள செய்திகளை ஒன்றாக இணைத்து, இப் புவியைப்பற்றிய தெளிவான அறிவை நிலவியல் (Earth Science) என்ற புதிய திட்டத்தை உருவாக்கி, 13 முதல் 15 வயது வரை உள்ள மாணவருக்கு ஏற்ற வகையில் அமைத்துக் கற்பிக்கின்றனர். இப் பாடப் பகுதியிலும் ஆராய்ச்சி மனப்பான்மையை அடிப்படையாகக் கொண்டே புதிய நோக்குடன் செயற்படுத்த 1963-ல் கொலொராடோவில் உள்ள 'போல்டரி'ல் (Bolder) Earth Science Curriculum Project என்ற குழு ஏற்படுத்தப்பட்டுள்ளது. பல பாடங்களின் தொடர்புள்ள செய்திகளைத் தொகுத்து அமைத்ததும், ஆராய்ச்சி மனப்பான்மையைப் புகுத்திச் சோதனைகளின் அடிப் படையில் செய்திகள் கற்பதை அமைத்ததும் இத் திட்டத்தின் சிறப்பு அமிசங்களாகும்.

பிரிட்டனில் ஏற்பட்டுள்ள புதிய போக்கு

அறிவியல் கல்வி கற்பிப்பதில் மாணவரது ஆராய்வூக்கமே தலைசிறந்து விளங்க வேண்டுமென்றும், மாணவர்கள் செய்திகளைப்

புரிந்துகொண்டு கற்பதே சிறந்தது என்றும், மனப்பாடம் செய்வதையோ அல்லது மற்றவர்கள் கூறிய கருத்தை அங்ஙனமே ஏற்பது என்பதையோ தவிர்க்கும்பொருட்டும், அறிவியலில் புதிய சிந்தனையை ஏற்படுத்தும்பொருட்டும் 1962-ல் நஃப்ஃபீல்டு நிறுவனம் (Nuffield Foundation) தோற்றுவிக்கப்பட்டது. எந்த வித மாற்றத்தையும் கல்வியில் ஏற்படுத்த வேண்டுமாயின், யாவரிலும் ஆசிரியர்களே சிறந்தவர்கள் என்ற கருத்தில் ஆசிரியர்களைக்கொண்டு அறிவியல் கற்பித்தலில் புதிய கருத்துகளை அமைப்பதற்கும், அக் கருத்துகளுக்கேற்பக் கருவிகளை அமைப்பதற்கும் குழு நிர்ணயிக்கப்பட்டது. ஐந்தாண்டிற்கான பொருளியல் பாடத்திட்டத்தை இக் குழுவினர் தயாரித்தனர். மாணவர் புரிந்துகொண்டு கற்பதையே வலியுறுத்தி, மனப்பாடம் செய்வதைத் தவிர்க்க ஏற்பாடு செய்யப்பட்டுள்ளது. மாணவர்களாகவே சோதனைகளை அமைத்து, வினாக்கள்மூலம் அவர்களுடைய ஆக்கச் சிந்தனை (Creative thinking) வளர்ச்சி பெற வகை செய்யப்பட்டுள்ளது. கற்பிக்கும் முறையில் பெரிதும் மாற்றம் செய்யப்பட்டுள்ளதே இத் திட்டத்தின் சிறப்பு அமிசம் ஆகும்.

இத் திட்டத்தைச் செயற்படுத்தப் பாடப்புத்தகங்களும், புத்தகங்களைப் பயன்படுத்தும் முறை குறித்து விளக்கும் ஆசிரியர்க்கான வழிகாட்டிகளும் (Teachers' Guides), சோதனைகள்செய்வதற்கான வழிகாட்டிகளும், வினாப்புத்தகங்களும், 'நீங்களே செய்து பாருங்கள்' (Do-it-yourself) என்ற தலைப்பில் குறிப்புப் புத்தகங்களும், சோதனைக்கான கருவிகளும் (Kits for students), கல்விப் படங்களும் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளன. இதைப் போன்று 16–18 வயது மாணவர்க்கான பொருளியல் வேதியியல் (Physical Science) திட்டமும் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளது.

நம் நாட்டில் புதிய பாடத்திட்டம் அமைப்பு

மற்ற நாடுகளில் அறிவியல் கற்பித்தலில் ஏற்பட்ட மறுமலர்ச்சியினையொட்டி நம் நாட்டிலும் 1965-ல் NCERT (National Council of Educational Research and Training) நிறுவனம், புதிய பாடத்திட்டத்தை அடிப்படையிலிருந்தே உருவாக்க முனைந்தது. பொருளியல், வேதியியல், உயிரியல். கணக்கு ஆகிய பாடங்களில் உயர்நிலைப்பள்ளி மட்ட அளவில் நம் நாட்டுப் பாடத்திட்டத்தின் தரம் மேல் நாட்டுப் பாடத்திட்டத்துடன் ஒப்பிடும்போது, மிகவும் பின்தங்கியிருப்பதைக் கருதி, நடுநிலைப்பள்ளி மட்டத்திலிருந்தே உயர்த்துவது என்ற கருத்தில், பாடப் புத்தகங்களும்,

ஆசிரியர்க்குதவும் வழிகாட்டிகளும், சோதனை செய்வதற்கான வழிகாட்டிகளும், கருவிகளும் தயாரிக்கப்பட்டு வருகின்றன.

இன்று உலகிலுள்ள பல நாடுகளிலும் அறிவியல் பாடம் கற்பிப்பதில் புதிய நோக்கும் சிந்தனையும் செயற்படுவதையும், அவற்றின் காரணமாகப் புதிய பாடத்திட்டங்கள் உருவாக்கப்படுவதையும் காணலாம். இவ்வாறு அமைக்கப்பட்ட புதிய பாடத் திட்டங்கள் எல்லாவற்றிலும் அடிப்படையாக மாணவரது ஆராயும் மனநிலையை வலியுறுத்துவதையே காணலாம். அண்மைக் காலம் வரைகூட வளர்ந்து வரும் நாடுகளில் கற்பிக்கும் அறிவியல் ஆசிரியர்கள் அமெரிக்காவிலும், பிரிட்டனிலும் வெளியிடப்படும் நூல்களையே பெரிதும் நம்பி இருந்தனர். பொருளறிவியலைப் பொறுத்தவரை இது மிகப் பெரிய குறையாக அமையாது. ஏனெனில், பொருள்களின் தன்மைகள் எங்கிருந்தாலும் மாறுவதில்லை. ஆனால், உயிரியலைப் பொறுத்தவரை, பல்வேறு உயிரினங்களைப் பற்றி விவரிக்கப்படும் மேல்நாட்டுப் புத்தகங்கள் நம் நாட்டிற்கு அறிமுகம் ஆவதற்கே வழியில்லை. ஆதலால், மேல் நாட்டுப் புத்தகங்களை அப்படியே பின்பற்றுவது சிறந்ததாகாது.

பயிற்சி வினாக்கள்

1. உயர்நிலைப்பள்ளிகளில் அறிவியல் பாடத்திட்டத்திற்கான பொருளினைத் தேர்ந்தெடுப்பதில் என்னென்ன கருத்துகளைக் கவனத்தில் கொள்ள வேண்டும்? நடைமுறையிலுள்ள அறிவியல் பாடத்திட்டத்தை இவ் விதிகளின் துணைகொண்டு ஆராய்க.

2. தற்கால உயர்நிலைப்பள்ளி பொருளறிவியல் பாடத்திட்டத்திலிருந்து நீக்கக்கூடிய சில தலைப்புகளையும், புதியதாக இணைக்கக்கூடிய சில தலைப்புகளையும் குறிப்பிடுக.

3. தேர்ந்தெடுத்த பாடப்பொருளை எந்தெந்த முறைகளில் ஒழுங்குபடுத்தி அமைக்கலாம்? நமது பொருளறிவியல் பாடத்திட்டப் பொருள் எவ்வாறு அமைக்கப்பட்டுள்ளது என்பதனை எடுத்துக்காட்டுகளுடன் விவரிக்க.

4. பிள்ளைகளின் வெவ்வேறு வளர்ச்சிப் பருவங்களில் காணப்படும் இயல்புகளைப்பற்றிய அறிவு, தொடக்கப்பள்ளி, உயர் நிலைப்பள்ளி அறிவியல் பாடத்திட்டத்தினைத் தயாரிக்கும் போது எங்ஙனம் துணை செய்கிறது?

5. அறிவியல் கற்பித்தலின் நோக்கங்களை அடைவதற்குப் பாடப் பொருளைத் தேர்ந்தெடுக்கும்போதும், ஒழுங்கு படுத்தி அமைக்கும்போதும் மேற்கொள்ள வேண்டிய அடிப் படைக்கோட்பாடுகள் யாவை ?

6. அண்மைக் காலத்தில் மேலை நாடுகளில் அறிவியல் கற்பித் தலில் ஏற்பட்டுள்ள புதிய வளர்ச்சியினை அறிந்து கொள்ளப் பொருளறிவியல் தொடர்பான பாடப் புத்தகங் களைப் பார்வையிட்டு அறிக.

8. அறிவியல் பாடங்களைத் திட்டமிடுதல்

கற்பித்தலைச் சிறப்பாக்குவதற்கும், வெற்றிகரமாக முடிப்பதற்கும் உள்ள திறவுகோல் பாடங்களை ஒழுங்காகத் திட்டமிடுதலேயாகும். எவற்றைக் கற்பிப்பது என்பதும், எவ்வாறு கற்பிப்பது என்பதும் ஆசிரியர் முன்கூட்டியே தெளிவாக அறிதல் வேண்டும். பாடம் கற்பிக்கப்படுவதில் முக்கிய நோக்கமும், அப் பாடத்தை மாணவருக்குக் கற்பிக்கும்போது எவ்வாறு தொடங்குவது, எவ்வாறு புதிய செய்திகளை அமைப்பது, எந்தெந்தத் துணைக்கருவிகளை உபயோகிப்பது, பாடம் முடித்த பின் குறிப்பிட்ட நோக்கங்கள் நிறைவேறியனவா என்று அறிய சோதனை செய்வது போன்ற அனைத்தையும் முன்கூட்டியே திட்டமிடுதல் வேண்டும். திட்டமிடாது செய்யப்படும் வேலை, ஒழுங்கின்மையைப் புகுத்தி விடும். கற்பித்த பாடங்கள் வெற்றிகரமாக அமையாததனாலும், வகுப்பை அமைதிப்படுத்திக் கட்டுப்பாட்டிற்குள் கொண்டு வர முடியாததாலும் திட்டமிடாத ஆசிரியர், நாளின் இறுதியில் களைப்புற்று, சோர்வடைந்து காணப்படுகிறார். திட்டமிட்ட ஆசிரியரோ தம்முடைய திட்டங்களை மேற்கொண்டு நடத்தியதன் காரணமாக வெற்றிக் களிப்பிலும், மறுநாள் செய்ய வேண்டிய வேலை குறித்துத் திட்டமிடுதலிலும் ஈடுபட்டதால் உண்மையிலேயே களைப்பையும், சோர்வையும் அடைகிறார்.

பாடத்தைத் திட்டமிடுவதால் ஏற்படும் நன்மைகள்

1. பாடப்பொருளை ஒழுங்காகவும், வரிசைக் கிரமமாகவும் அமைத்துக் கற்பிக்க உதவுகின்றது. நன்றாக முன்கூட்டியே சிந்தித்து அமைத்த முறையில் ஒவ்வொரு பகுதியும் நடத்தப்படுகின்றது.

2. குறிப்பிட்ட நோக்கங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு பாடத் திட்டம் தயாரிப்பதால், அவற்றை நிறைவேற்றும்

வகையில் மாணவரது ஆர்வத்தையும், மனப்பான்மையையும் எவ் வகைச் செயல்களில் ஈடுபடுத்தலாம் என்று அறிந்து செயல்பட முடிகின்றது.

3. பாடங்களை முன்கூட்டியே திட்டமிடுவதால், ஆசிரியருக்கு ஒரு தன்னம்பிக்கையும், பொறுப்பாகச் செய்யும் ஆற்றலும் ஏற்படுகின்றது.

4. குறிப்பிட்ட திட்டப்படி பாடச்செய்திகளை அமைத்துக் கற்பிப்பதால், மாணவர்களும் மிக எளிதாகவும், குறுகிய காலத்திலும் கற்றுக் கொள்கின்றனர்; பாடப் பகுதியிலும் ஒரு தொடர்ச்சி ஏற்படுகிறது.

மாணவர் கவனம் நிலைபெறச் செய்யத் திட்டமிடுதல்

பொதுவாகப் பாடங்களைத் திட்டமிடும்போது மாணவரது கவனம் நிலைபெறச் செய்ய வழிமுறைகளை அமைக்க வேண்டும். ஆசிரியர்கள் பலர் வகுப்பில் கற்பிக்கும்போது ஏற்பட்ட அனுபவங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு, மாணவர் நடத்தை முறைகள் கீழ்க்கண்டவாறு அமைகின்றன:

1. ஒரு புதிய செயலைப் புகுத்தும்போது மாணவரது கவனத்தை தப் பாடத்தில் நிலைபெறச் செய்யலாம்.

2. செய்யப்படும் செயலை முடிப்பதற்கு அதிக நேரம் ஆகுமானால், மாணவரது கவனமும் சிதைவுறச் செய்யும்.

3. எல்லா மாணவர்களுக்கும் ஒரே செயல் மட்டும் கவனத்தை ஈர்க்காது.

4. முன்னர் நடத்திய செயலிலிருந்து மாற்றிப் புதிய செயலைமேற் கொண்டால், மாணவர் கவனத்தை மீண்டும் தொடர்ந்து நிலைபெறச் செய்யலாம்.

5. ஒரு செயல் முறையால் மாணவரது கவனத்தை எவ்வளவு நேரம் நிலைபெறச் செய்ய முடியும் என்று திட்டமாகக் கூற முடியாது.

6. மாணவர்கள் ஏதும் செய்ய இயலாத நிலையில் கவனம் முழுவதும் குறையத் தொடங்கும்.

மாணவர்கள் கவனம் பாடத்தில் நிலைபெற வேண்டுமானால், மேலே சொல்லப்பட்ட கருத்துகளை ஆசிரியர் நினைவில் கொண்டு அதற்கேற்பப் பாடப் பகுதியைக் கற்பிக்கத்திட்டமிடுதல்வேண்டும்.

பாடத்தைத் திட்டமிடுதலில் செயல்நோக்கு (Activity Approach)

பாடத்திட்டம் என்பது சில தலைப்புகளின்கீழ் அமைக்கப்பட்ட பாடப் பொருளைக் கற்பித்து நிறைவு செய்ய வேண்டும் என்ற கருத்து இல்லை. பள்ளிக்கு வருகின்ற ஒவ்வொரு பிள்ளையையும் ஒரு நீர் கொள்ளும் பாத்திரம் என்று கருதி, நம்மிடம் உள்ள பாடத்திட்டம் என்ற நீரை அதன் தலையில் திணிக்க இயலாது. அல்லது ஒவ்வொரு பிள்ளையையும் களிமண் உருண்டையெனக் கருதி, ஆசிரியர் எண்ணியபடி, தமது கருத்துகளையெல்லாம் அவர்கள் மனதில் புகுத்தி, அவர்களைப் பொம்மைகளாக்கும் சிற்பி போல ஆசிரியர் அமைந்து விடவும் முடியாது. பிள்ளைகள் ஒவ்வொன்றும் ஓர் உயிருள்ள ஜீவன். அவர்களைக் கட்டுப்படுத்தி வைக்க இயலாது. அவர்கள் மிகுந்த சுறுசுறுப்புடன் செயல்படும் உயிர்கள். ஆகவே, அவர்களுக்குப் பாடங்களைக் கற்பிக்கத் திட்டமிடும்போது, அவர்களையும் கற்றல் செயலில் ஈடுபடுத்த வேண்டும். இதுவே தற்கால முறையாகும்.

வகுப்பில் படிப்பது, படக்காட்சியைக் காண்பது, சோதனை எழுதுவது அல்லது குறிப்புகள் தயாரிப்பது போன்ற செயல்கள் மனதைக் கட்டுப்படுத்துவன. வெளிப்பயணங்கள் அமைப்பதும், சோதனைகள் செய்வதும், செயல் திட்டங்களில் ஈடுபடுவதும் மாணவர்களை முழுதும் ஈடுபடுத்தும் செயல்களாகும். செய்து காட்டும் சோதனைகளில் சில மாணவரது கவனத்தை முழுதும் நிலை நிறுத்துவன. குறிப்புகள் எழுதிக்கொள்ளும்படி செய்தல் (Notes Dictation) மாணவர்களைச் செயலில் ஈடுபடுத்தினாலும், அச் செயலில் மிகச் சிறிய அளவே கவனத்தை நிலைநிறுத்தும். அறிவியலில் சில தலைப்புகளைப்பற்றிப் பாடம் நடத்தும்போது, அதிக அளவில் செயல் திட்டங்களை மேற்கொள்ளலாம். சில பாடங்களைக் கற்பிக்கும்போது போதிய அளவு செயல்களை அமைக்க இயலாமல் போகும். வகுப்பில் பயன்படுத்துகின்ற ஒவ்வொரு செயலும், மாணவர் மனதில் ஒவ்வொரு வித விளைவினை ஏற்படுத்தும். ஒரு பாடப் பகுதியினைக் கற்பிக்கப் பயன்படுத்தும் செயல், ஒரு சில மாணவருக்கு எதிர்பார்க்கும் பலனை அளிக்கலாம். அதே செயல் மற்றொரு சாராருக்கு எவ்விதப் பயனும் அளிக்காமல் போகலாம். ஆகவே, பாடங்களைத் திட்டமிடும்போது பலவித செயல்களைத் திட்டமிட்டால், கற்றல் எல்லா மாணவரிடத்தும் இயற்கையாக நிகழும்.

பலவித செயல் திட்டங்களை வகுப்பில் அமைக்கும்போது கட்டுப்பாட்டுப் பிரச்சினை அதிகமாக எழுவதில்லை. வகுப்பு நேரம் முழுவதும் ஒரே வகைச் செயலில் ஈடுபடும்போதுதான் அமைதி

யின்மை ஏற்படுகிறது. ஆசிரியப் பணியைத் தொடங்கும் ஆசிரியர்கள் முதலில் கீழே கொடுக்கப்பட்ட செயல் முறைகளைச் சில காலத்திற்கு உபயோகித்து வெற்றி கண்ட பின்னர், மாணவரை வேறு செயல்களில் ஈடுபடுத்தத் திட்டமிடலாம். உதாரணமாக, படங்களையும், படச்சுருள்களையும் பார்த்தல்; செய்து காட்டப்படும் சோதனைகளை உற்றுநோக்கி அறிதல்; சிறு கல்விப் பயணங்களில் ஈடுபடுதல்; எளிய தேர்வுகள் எழுதுதல்; எளிய சோதனைகளைச் செய்தல்; எளிய சோதனைகளை மற்ற மாணவருக்குச் செய்து காட்டுதல்; விளக்கப் படங்களும், மாதிரி உருவங்களும் அமைத்தல் ஆகிய பல்வேறு செயல்களில் மாணவரை ஈடுபடுத்தும்போது, மாணவரை அதிக அளவில் ஊக்குவிக்க வேண்டிய அவசியமில்லை. இச் செயல்களில் மாணவர்கள் முழுமனதுடன் ஈடுபடுவர். கட்டுப்பாட்டுப் பிரச்சினை எழுவதில்லை. இச் செயல்களை அமைப்பதற்குச் சிறிது பயிற்சி ஏற்பட்டபின், ஆசிரியர்கள் மேற்கொண்டு சில செயல்களில் மாணவர்களை ஈடுபடுத்தலாம்.

செய்த சோதனைகளைக் குறித்து அறிக்கை தயாரித்தல்;

பெரிய கருவிகளின் மாதிரி உருவங்களை அமைத்தல்;

நூலகத்தைப் பயன்படுத்திச் சில ஆராய்ச்சிகளில் ஈடுபடுதல்

போன்ற செயல்களுக்கு மாணவர்கள் அதிக அளவில் தூண்டப் பெறுதல் வேண்டும்.

பாடங்களைத் திட்டமிடுதல்

ஹெர்பார்ட் (Herbart) என்பார் கற்பித்தலில் கீழ்க்கண்ட ஐந்து படிகளைக் கையாளும் முறையினை விளக்கியுள்ளார்:

1. தயாரித்தல் (Preparation)

புதிய செய்திகளை அறிந்து கொள்ள மாணவரைத் தயார் செய்தலே ஆகும். மாணவர் முன்னறிந்த செய்திகளுடன் இப்போது கற்பிக்கும் புதிய செய்திகள் இணைக்கப்பட வேண்டும். இதற்கு மாணவர்கள் எவ்வளவு செய்திகள் அறிந்துள்ளார்கள் என்று சோதித்து அறிந்து கற்பிக்க வேண்டிய புதிய செய்திகளை அறிமுகம் செய்தல் வேண்டும்; அல்லது சில எளிய சோதனைகள்மூலம் மாணவரது ஆர்வத்தைக் கற்பிக்க வேண்டிய புதிய செய்திகளில் ஏற்படுத்தலாம்.

2. செய்திகளை அளித்தல் (Presentation)

புதிய செய்திகளைக் கற்பிக்குமுன், பாடத்தின் முக்கிய நோக்கம்பற்றித் தெளிவுபடுத்துதல் வேண்டும். புதிய அறிவையும்

செய்திகளையும் கற்றுக் கொள்ள வகை செய்வது இந்தப் படியில் (Step)தான். மாணவரது ஆர்வத்தைத் தூண்டி, சிறுசிறு வினாக்கள் மூலம் விடை காண முயலுதல் வேண்டும். கரும்பலகைச் சுருக்கமும் அவ்வப்போது செய்தல் வேண்டும்.

3. தொடர்பு ஏற்படுத்துதல் (Association)

சில எடுத்துக்காட்டுகள் கொடுத்து, அவை ஒன்றோடொன்று புதிய பாடத்துடன் எவ்வாறு தொடர்பு கொண்டுள்ளன என்று ஆராய்தல் வேண்டும்.

4. பொதுக்கருத்தை அமைத்தல் (Generalisation)

இப் படியில் இதுவரை கற்றறிந்த புதிய செய்திகளைப் பொருத்திப் பார்த்து, வகைப்படுத்தி அறிந்து, விதிகளாகவும், சமன்பாடுகளாகவும் அமைத்தல் ஆகும். ஏற்படுத்திய பிரச்சினைக்கு முடிவு கண்டு அறிவதும் இப் படியிலேயே ஆகும்.

5. பயன்படுத்துதல் (Application)

கற்றறிந்த செய்தியினைப் புதிய சூழ்நிலைகளிலும், பயிற்சிகளிலும் ஈடுபடுத்தி மாணவர் மனதில் நிலைபெறச் செய்தல் வேண்டும்.

மேற்கூறிய ஐந்து படிகளும் ஹெர்பார்ஷியன் படிகள் (Herbartian Steps) என்று அடிப்படையாக இருந்தாலும், எல்லாப் பாடங்களுக்கும் இந்த ஐந்து படிகளையும் கையாள வேண்டும் என்ற கட்டாயமில்லை. சில பாடங்களில் ஏதாவது ஒரு படியினை அதிக அளவில் பயன்படுத்த வேண்டி ஏற்படலாம். மேலும், பாடத்திற்குத் தக்க இந்த ஐந்து படிகளையும் மாற்றி அமைத்துக் கொள்ளலாம்.

அன்றாடம் தயார் செய்கின்ற பாடத்திட்டம் மிகவும் சுருக்கமாக அமையலாம்; அதிக விளக்கத்துடன் எழுதப்பட வேண்டியதில்லை. பாடத்திட்டத்திலுள்ள பகுதிகளை மாதவாரியாகவும், வாரவாரியாகவும் (Week-war) முன்கூட்டியே பிரித்துக் கொண்டாலும், அப் பாடப்பகுதிகளைப்பற்றி வகுப்பில் நடத்துவதற்கு முன்பே தெளிவான பாடக்குறிப்புகளைத் தயாரித்தல் நல்லது ஓர் ஆசிரியர் ஒரு பாடத்தைப் பல பிரிவுகளில் உள்ள மாணவருக்கு நடத்தும்போது, அவர் பின்பற்றிய ஒருமுறை எல்லாப் பிரிவு மாணவருக்கும் ஏற்றது என்றும் கருத முடியாது அடிப்படையாகச் சொல்ல வேண்டிய கருத்துகள் ஒன்றாக இருந்தாலும் பின்பற்றும் முறை வெவ்வேறாக இருக்கும். பாடத்

திட்டத்தில் பல செயல்களைத் திட்டமிட்டிருந்தாலும், அவ்வளவு செயல்களையும் முடித்தே தீரவேண்டும் என்ற கட்டாயம் இல்லை. அவை ஏற்படுத்துகின்ற விளைவினைப் பொறுத்தும், பின்பற்றும் போது செலவிடப்படுகின்ற நேரத்தைக் கருதியும் மாற்றி அமைத்துக்கொள்ளலாம்.

பாடப்பொருளைப்பற்றிப் புத்தகத்தில் உள்ளவாறு மிகவும் விரிவாக எழுத வேண்டியதில்லை. ஆசிரியப் பணியில் ஈடுபடும் புதியவர்கள் பின்னிணைப்பில் கொடுத்துள்ளவாறு பாடத் திட்டத்தை விரிவாகவும், போதிய பயிற்சி பெற்ற ஆசிரியர்கள் கீழ்க்கண்ட திட்டப்படி சுருக்கமாகவும் தயாரிக்கலாம்:

மாதிரிப்பாடக் குறிப்பு

வகுப்பு: எட்டாம் வகுப்பு காலம் : 45 நிமிடங்கள்

தலைப்பு : அணு

முக்கிய கருத்து :

1. அணுக்களின் மையப் பகுதியில் உட்கரு என்ற பகுதி உள்ளது.
2. உட்கருவில் புரோட்டான்களும், நியூட்ரான்களும் அமைந்துள்ளன.
3. உட்கருவைச் சுற்றிக் குறிப்பிட்ட பாதைகளில் எலெக்டிரான்கள் ஓடிவந்துகொண்டிருக்கின்றன.
4. தனிமங்களைப் பொறுத்து, புரோட்டான், நியூட்ரான், எலெக்டிரான்களின் எண்ணிக்கை மாறுபடுகிறது.

கற்பிக்கும் முறை : ஆராயும் முறை விவாதம், சோதனை.

நோக்கம் : அறிவியல் மனப்பான்மையை வளர்த்தல்.

பயன்படுத்தும் கருவிகள் : கம்பிகள் பல்வேறு வண்ணங்களில் பிளாஸ்டிசீன் (Plasticine) அல்லது பெயின்டில் (Paint) நனைத்து வண்ணப்படுத்திய சுண்டைக்காய்கள், காலணி காலிப் பெட்டிகள் (Empty Shoe Boxes), பெட்டியில் இடுவதற்கு வெவ்வேறு வகையான பொருள்கள்.

கற்பிக்கும் முறை :

(1) கரும்பெட்டி சோதனை

மாணவர்களை இரண்டு அல்லது மூன்று பேர்களாகப் பிரித்து ஒவ்வொரு குழுவுக்கும் ஒரு பெட்டியைக் கொடுத்து அதனுள்

போடப்பட்டுள்ள பொருள்களை விவரிக்கும்படிச் செய்தல் பெட்டியைத் திறந்து பார்க்காது உள்ளே உள்ள பொருள் களைச் சுத்தம் செய்து, பொருளின் அளவு, வடிவம் போன்ற வற்றை அறியச் செய்தல்.

முடிவு: இதே போன்று அணுவைப் பார்க்காவிடினும், அதனுடைய அமைப்பைப்பற்றி மறைமுகமான சாட்சியங் களைக்கொண்டு அறிகின்றனர்.

(2) J. J. தாம்சன், ரூதர்போர்டு, சாட்விக் போன்ற அறிவியல் அறிஞர்கள் சோதனைகள் பல செய்து மறைமுகமாகக் கிடைத்த சாட்சியங்கள்மூலமாகப் பெற்ற கருத்துகளைப் பற்றி விவாதித்தல்–விவாதம் மூலம் அறிந்தவற்றைத் தொகுத்துக் கூறுதல்.

முடிவு: மின்னேற்றமுடைய துகள்களால் அணுக்கள் ஆக்கப்படு கின்றன. நடுவில் உட்கருவும், உட்கருவில் நேர்மின்னேற்றம் உடைய புரோட்டானும், நடுநிலையுடைய நியூட்ரானும், இவற்றைச் சுற்றி வட்டப் பாதைகளில் எதிர்மின்னேற்ற முடைய எலெக்டிரான்களும் உள்ளன.

(3) ஹைடிரஜன் அணுவின் படம் கரும்பலகையில் வரைந்து காட்டப்படுகிறது.

(4) ஹைடிரஜன் அணுவின் அமைப்பை மாதிரி உருவமாக அமைத்துக் காட்டும்படி செய்தல்.

பாடச் சுருக்கம்: அணுவின் அமைப்பு மறைமுக சாட்சியங்கள் மூலம் அறிந்த உண்மைகளைத் தொகுத்துக் கூறச் செய்தல்.

பயிற்சி: மற்றத் தனிமங்களின் அமைப்பைப் படம் வரைந்தும், மாதிரி உருவம் அமைத்தும் காணல். அவை அமைப்பில் எவ் வாறு ஹைடிரஜன் அணுவிலிருந்தும் வேறுபடுகின்றன.

புதிய கலைச்சொற்கள்: உட்கரு, புரோட்டான், நியூட்ரான், எலெக்டிரான்.

மதிப்பீடு செய்தல்: 1. புறவயச் சோதனைகளைப் பயன்படுத்திக் கற்றறிந்த செய்திகளை மதிப்பிடுதல்.

2. அமைத்த மாதிரி உருவங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டும் மதிப்பிடுதல்.

பொதுவாகப் பாடங்களைக் கற்பிக்கத் திட்டமிடும்போது, ஒவ்வொரு பாடத்திலும் புதிய செய்திகளைப் புகுத்துதலும், சுருக்கங்கள் அமைத்தலும், தொகுத்து அறிதலும் (Review), பயிற்சி கொடுத்தலும் ஆன பல படிகள் உள்ளன என்று முன்னரே கண்டோம். இருப்பினும், ஒவ்வொரு வகுப்பு நடத்தும்போதும் புதிய பொருளைக் கற்பிக்க வேண்டும் என்று எண்ண முடியாது. சில பகுதிகளில் பாடங்கள் முற்றுப் பெருத நிலையில் முதல் நாள் கற்பித்த பகுதிகளைப்பற்றித் தொகுத்து அறியும் செயலே தொடக்கமாக அமையலாம். சில பாடங்களில் பயிற்சிகள் மட்டுமே அளிக்கப்படலாம். ஆகவே, எல்லா வகுப்பு நேரங்களிலும் புதிய பகுதிகள் கண்டிப்பாகக் கற்பிக்க வேண்டும் என்ற கட்டாயம் இல்லை. புதிய பகுதிகளைக் கற்பிக்கும்போது நேரிடையாகவோ அல்லது சில சோதனைப் பொருள்களைக் கொண்டோ கற்பிக்கலாம். பாடத்திட்டத்தைத் தயாரிக்கும்போது பட்டறிவு மிக்க ஆசிரியராலும் ஒவ்வொரு செயலுக்கும் ஆகின்ற நேரத்தைச் சரியாகக் கணக்கிட்டுக் கூற முடியாது. சில நேரங்களில் ஒரு குறிப்பிட்ட செயல் எதிர்பார்க்கும் நேரத்திற்கு அதிகமாகவும், மற்ற நேரங்களில் விரைவாகவும் முடிந்து விடலாம். அவ்வாறு பாடம் விரைவாக முடிந்துவிட்டால், எஞ்சியுள்ள நேரத்தில் என்ன செய்வது என்ற பிரச்சினை எழும். ஆகவே, எப்பொழுதும் ஆசிரியர் தேவைக்குச் சிறிது அதிகமாகவே தயார் செய்தல் நல்லது. அவ்வாறு பாடப்பகுதி தயார் செய்து முடிக்க இயலாவிடினும், மற்ருெரு நாளைக்கு அப் பகுதி உபயோகமாகும்.

ஒரு வகுப்பு நேரத்தில் பல செயல்களை (Activities) மேற்கொள்ளும்போது, ஒரு செயலை முடித்து, அடுத்த செயலைச் செய்ய ஏற்பாடு செய்வது சில நேரங்களில் கடினமாக அமையலாம். மாணவர்கள் கட்டுப்பாடாக ஒரு சோதனையில் முழு கவனத்தையும் செலுத்தி ஈடுபடும்போது, அது முடித்து அடுத்த செயலுக்கான குறிப்புரை (Instruction)யுடன் ஆசிரியர் கொடுக்க இயலும். எல்லோரும் அமைதியாகச் செயலில் ஈடுபட்டுள்ளதால், அனைவரும் ஆசிரியர் குரலைக் கேட்டு அதன்படி நடக்க இயலும். ஆனுல், சிறிது சுதந்தரத்துடன் அமைக்கப்பட்ட செயலிலிருந்து மாணவரை மறுபடியும் கட்டுப்பாடான சூழ்நிலைக்குக் கொண்டு வருவது சிறிது கடினமாக அமையலாம். அதே போன்று மாணவர்கள் வெளிவகுப்புகளிலிருந்து அறிவியல் அறைக்கு வகுப்பு தொடங்குவதற்கு முன் வரும்போதும் சுதந்தரமாகக் கட்டுப்பாடின்றி இருப்பர். ஆகவே, தொடக்கத்தில் அவர்களுக்குக் கட்டுப்பாட்டை ஏற்படுத்தும் ஒரு சிறு சோதனையையோ அல்லது ஒரு வேலைக் குறிப்பேட்டையோ (Work Sheet) கொடுத்து அமைதியை

ஏற்படுத்தலாம். சில நேரங்களில் பாடங்களையெல்லாம் முடித்து, மணி அடிக்கும் வரை மாணவர்கள் புத்தகங்களையெல்லாம் கட்டி வைத்துக்கொண்டு காத்துக்கொண்டிருந்து, மணி அடித்தவுடன் வெளியே ஓடிவிடுவது, சரிவரத் திட்டமிடாதப் பாடத்திட்டத்தையே குறிக்கும்.

மாணவர்களுக்கு வீட்டுப் பயிற்சி கொடுப்பதும் அண்மைக் காலத்தில் ஆதரிக்கப்படவில்லை. பெரும்பாலும் வீட்டுப்பயிற்சி கொடுப்பது, மாணவர்கள் செய்வதற்குப் பதிலாகப் பெற்றோருக்கே அமைகிறது. வீட்டில் வசதி குறைந்த மாணவர்களும், பின் தங்கிய மாணவர்களும் மற்ற மாணவர்களைப் பார்த்து எழுதிக் கொண்டு வந்து விடுகின்றனர். ஒவ்வோர் ஆசிரியரும் தம் பாடங்களே முக்கியத்துவம் என்று கருதி, ஒவ்வொரு நாளும் அதிக அளவில் வீட்டுப்பயிற்சி கொடுத்து விடுவதால், எல்லாவற்றையும் செய்து முடிக்க இயலாமல் போவதும் உண்டு. ஆகவே, தற்பொழுது ஆசிரியர் முன்னிலையிலேயே பயிற்சிகள் செய்யப்பட வேண்டும் என்று இருந்தாலும், கற்றறிந்த செய்திகளை மாணவர் மனதில் நிலைபெறச் செய்ய ஒன்றிரண்டு பயிற்சிகளைக் கொடுப்பதில் தவறில்லை. ஆனால். பயிற்சிகள் கொடுக்கும்போதும் ஆசிரியர்கள் திட்டமிடல் வேண்டும். பெரும்பாலான ஆசிரியர்கள் வகுப்பு முடிந்தவுடன் "24ஆம் பக்கத்திலிருந்து 32ஆம் பக்கம் வரை படித்து வரவும்" என்று ஆணையிடுகின்றனர். இது தெளிவற்ற பயிற்சி ஆகும். படிப்பதற்குப் பயிற்சியா அல்லது குறிப்பிட்ட பக்கங்களிலுள்ள செய்திகளை முற்றும் அறிதல் வேண்டுமா என்று தெளிவாக்கப்படவில்லை வேறு சிலர் "பாடத்தின் இறுதியிலுள்ள வினாக்களுக்கெல்லாம் பதில் எழுதி வருக" என்று ஆணையிடுகின்றனர். அறிவில் சிறந்து விளங்கும் மாணவர்கள் இப் பயிற்சியைச் செய்வதனல் எவ்விதப் பயனையும் பெறமாட்டார்கள். குறைந்த அறிவுடைய மாணவர்களும், வினாக்களுக்கு உரிய விடைகளைச் சரியாகப் புரிந்து தேர்ந்தெடுத்து எழுத இயலாது. ஆகவே, கொடுக்கப்படுகின்ற பயிற்சி மாணவர்களது ஆர்வத்திற்கும், திறமைக்கும் ஏற்ப அமைதல் வேண்டும். பயிற்சி வேலைகளைக் கட்டாயப்படுத்துவதற்குப் பதிலாக, மாணவரது ஆர்வத்துக்கேற்ப விருப்ப வேலையாக அமைக்கலாம். மேற்கொண்டு அப் பாடப்பொருளைப்பற்றிய செய்திகளைச் சில தகவல் புத்தகங்களிலிருந்து (Reference Books) சேகரித்தும் அல்லது வீட்டில் சில சோதனைகளை அமைத்து ஈடுபட்டும், சிலர் வேறு பாடப்புத்தகத்திலிருந்து (Supplementary Text Book) திரட்டிய செய்தியைத் தொகுத்தும் வருமாறு செய்து, ஒவ்வொருவரும் திரட்டிய செய்திகளை மற்ற மாணவர்களுக்கும் அளிக்கலாம்.

பாடக்குறிப்பினை உபயோகித்தல்

பாடக்குறிப்பு, ஆசிரியருக்கு ஒரு வழிகாட்டியேயன்றி, அது ஒரு சட்டம் (Mandate) அன்று. மாணவர்கள் செய்ய வேண்டிய வேலைகளைக் குறித்துக் காட்டுவதும், ஆசிரியருக்கு நம்பிக்கையை வளர்ப்பதுமே அதனுடைய முக்கிய வேலையாகும். எதிர்பாராத வகையில் வகுப்பறையில் நிகழ்ச்சிகள் மாறுபடுமேயானல், பாடக் குறிப்பையும் மாற்றி அமைத்துக்கொள்ளத் தயங்கக் கூடாது. எடுத்துக்காட்டாக, மாணவர்கள் ஒரு செயலில் ஈடுபட்டுச் சோதனை செய்துகொண்டிருக்கும்போது, அது முற்றுப்பெறுத நிலையிலோ அல்லது மாணவர் ஆர்வம் காட்டி, மேற்கொண்டும் அச் செயலைத் தொடர விழைவாரேயானல், வகுப்புமுடியும் வரை கூட அனுமதிக்கலாம். அதிகப்படியாகத் தயாரித்த பாடக் குறிப்பினை அடுத்த வகுப்பிற்குப் பயன்படுத்தலாம். சில நேரத்தில் வகுப்பின் பிற்பகுதியில் திட்டமிட்ட செயலைத் தொடக்கத் திலேயே மேற்கொண்டால், சிறந்த பயன் விளையலாம். அப்போது பாடக் குறிப்பில் ஏற்பாடு செய்த திட்டத்தை மாற்றி அமைக்க ஆசிரியர் தயங்குதல் கூடாது. திட்டமிடாத புதிய செயல் ஏதேனும் உடனடியாகப் பயன்படுத்தினல் மாணவரது ஆர்வம் நிலைத்து நிற்கும் என்று கருதினலும், புதிய செயல்களை மேற்கொள்ளலாம். ஆகவே, பாடக்குறிப்பு என்பது ஆசிரியருக்குத் துணையாக அமைய வேண்டுமேயல்லாது, அதை அப்படியே திட்டமிட்டபடி வரிசைக் கிரமமாகத் தவருது ஒழுங்காகப் பின்பற்ற வேண்டும் என்ற கட்டாயம் ஏதும் இல்லை.

பயிற்சி விஞக்கள்

1. பாடக்குறிப்புகள் தயாரிப்பதால் விளையும் நன்மைகள் யாவை ?

2. உயர்நிலைப்பள்ளிப் பாடத்திட்டத்தில் இணைக்கப்பட்டுள்ள பொருளியல் அல்லது வேதியியல் தலைப்பினுள் ஏதாவது ஒன்றினைக் குறித்துக் கற்பிப்பதற்கு விரிவான பாடக் குறிப்புகள் தயாரிக்க.

3. வேதியியல், கற்பிக்கும் ஆசிரியர் ஒருவர் ‘படிகம்’ பற்றிய பாடத்தினை வேதியியல் விருப்ப வகுப்பில் கற்பித்துக் கொண்டிருந்தார். படிகங்களின் உருவ அமைப்பைக் காட்டுவதற்குப் புத்தகங்களையே பயன்படுத்தி விரிவுரை முறையில் பாடத்தினை நடத்தி முடித்தார்.

மற்றோர் ஆசிரியர் பொருளியல் வகுப்பில் பதினோராம் வகுப்பிற்கு 'மின்முலாம் பூசுதலைப்பற்றி ஒரு விளக்கப்படத்தின் துணை கொண்டு கற்பித்துக்கொண்டிருந்தார்.

(அ) மேற்குறித்த ஆசிரியர் பயன்படுத்திய துணைக் கருவிகள் அந்தப் பாடங்களுக்குப் பொருத்தமானவையும், போதுமானவையும் என்று நீவிர் கருதுகிறீரா ?

(ஆ) மாணவர்கள் நன்கு புரிந்துகொள்ளவும், கையாளுந் திறன்களை வளர்த்துக்கொள்ளவும் வேண்டுமாயின், மிக்க பயன் அளிக்கும் முறையை உணர்த்துக.

(இ) இத் தலைப்புகளில் திறமையுள்ள மாணவர்களுக்குக் கூடுதலான செயல்களை எவ்வாறு திட்டமிடுவீர் ?

4. 'நீரின் கடினத்துவம்' என்ற தலைப்பில் ஆசிரியர் வகுப்பில் செய்து காட்டக்கூடிய சோதனைகளையும், ஆர்வமுள்ள மாணவருக்குக் கொடுக்கக்கூடிய தொடர் வேலையினையும் விவரிக்க.

9. அறிவியல் பாடப்புத்தகங்கள்

ஆசிரியர் வாய்மொழியாகக் கற்பிக்கப் பயன்படுத்தப்படும் சாதனங்களுள் பாடப்புத்தகமே மிகவும் விரிவாகப் பயன்படும் கருவியாகும். பள்ளி என்ருலே, புத்தகம் என்ற சொல் உடனே தொடர்பு கொண்டிருப்பதை அறியலாம். புத்தகத்தைப் பயன் படுத்தாத ஆசிரியர்களைக் காண முடியாது. இது போன்றே அறி வியலில் நோட்டுப் புத்தகங்களும், செய்முறைக் குறிப்பேடுகளும் இன்றியமையாதவை. இவற்றை அளவுக்குமேல் உபயோகப் படுத்துவதால், பெரும்பான்மையோர் இவற்றின் உபயோகத் திற்குக் கண்டனம் தெரிவிக்கின்றனர். சில ஆசிரியர்கள் புத்தகங் களையே நம்பி வாழ்வதையும், வகுப்பறையில் புத்தகங்களைப் படித்து விளக்குவதையும், மாணவரையும் புத்தகங்களின் மூலமாகவே செய்தியை அறியச் செய்வதையும் காணலாம். இவ்வாசிரியர்களுக்கு அறிவியல் செய்திகளைப் பெறுவதற்கு அமைகின்ற ஒரே சாதனம் புத்தகம் ஆகும். அதன் காரண மாகவே 'புத்தகம் ஒப்புவிக்கும் முறை' (Text Book Recitation Method) என்று ஏற்பட்டது. இவ்வாறு புத்தகத்திற்கு அடிமை யாவதைத் தவிர்த்து அதனைத் தேவைப்படும்போது மட்டும் உபயோகப்படுத்திஞல் கல்வி கற்பிக்கச் சிறந்த சாதனமாகப் புத்த கங்கள் அமையும். செய்திகளைப் பெற உபயோகமாகும் ஒரே சாதனமாக இருந்த புத்தகங்கள்தாம் இன்று மேலைநாட்டில் பாடத்திட்டமாகவும் (Course of Study) அமைகிறது என்ருல் மிகையாகாது.

வகுப்பறைகளில் இதை எவ்வாறு கற்பிக்கும் முறையாக அமைப்பது என்பதுபற்றி முன்னமே விரிவாகக் கூறப்பட் டுள்ளது. புத்தகங்களிலுள்ள செய்திகள் பலவற்றைக் கற்பிப்ப தற்கும், மாணவருக்குப் பயிற்சி அளிப்பதற்கும், செய்து காட்டும் சோதனைகளுக்கும், படங்களைக் கொண்டு விளக்கம் பெறுவ தற்கும், அறிவியல் அறிஞர்களின் வாழ்க்கை வரலாறுகளை அறிவ

தற்கும், அவற்றைப் படித்துத் தகவல்களைச் சேகரிப்பதற்கும் (Reference material) அவற்றில் கொடுக்கப்பட்ட பயிற்சிகளைச் செய்து முடிப்பதற்கும், படிப்பில் பின்தங்கியுள்ள மாணவருக்குப் பயன்படுத்தும் முறைபற்றியும் விரிவாக முன்னர்க் கண்டோம்.

சிறந்த நூலின் இலக்கணங்கள்

இங்குப் பாடப்புத்தகங்களை எவ்வாறு தேர்ந்தெடுப்பது என்று ஆராய்வோம். ஒவ்வொரு பாடத்திற்கும், வகுப்பிற்கும் ஏற்ற வகையில் பாடத்திட்டத்தினையொட்டிப் பல ஆசிரியர்களால் எழுதப்பட்டுள்ள புத்தகங்களிலிருந்து சிறந்த ஒன்றினைத் தேர்ந்தெடுக்கும் பொறுப்பு எப்பொழுது வேண்டுமானாலும், எந்த ஆசிரியருக்கும் ஏற்படலாம். சிறந்த பாடப்புத்தகங்களைத் தேர்வு செய்வதில் கற்பிக்கும் ஆசிரியரது கருத்தே முன்னணியில் நிற்க வேண்டும். பல புத்தகங்களைப் பார்த்துத் தேர்வு செய்யும்போது, அவற்றைக் காய்தல் உவத்தலின்றி, வேறு எவ்விதப் பிரச்சினைக்கும் இடம் கொடாமல், புறவயத்தன்மையோடு தேர்ந்தெடுத்தல் அவசியமாகும். புத்தகங்களைப் படித்துத் தேர்ந்தெடுக்கும்போது ஆசிரியர் தம்மை மாணவர் நிலையில் வைத்து, மாணவருக்கும் புரியும் வகையில் கருத்துகள் தெளிவாக்கப்பட்டுள்ளனவா என்று அறிதல் வேண்டும். சுருங்கக் கூறினல், புத்தகங்களைத் தேர்ந்தெடுக்கும்போது புறவயத்தன்மை வாய்ந்த சோதனைகளைப் (Objecive Tests) பயன்படுத்தித் தேர்ந்தெடுக்கலாம். பொதுவாக, கீழ்க்கண்ட தலைப்புகளின் அடிப்படையில் புத்தகத் தேர்வினைச் செய்யலாம்:

பொருள் அடக்கம் (Content)

பாடப்புத்தகங்கள் பாடத்திட்டத்தினை ஒட்டியே எழுதப்பட்டுள்ளனவாதலின், எல்லாப் புத்தகங்களிலும் பாடப்பொருள் அநேகமாக ஒரே அளவினதாக இருக்கலாம். ஆனல், இவற்றை மதிப்பிடும்போது கீழ்க்காணும் முறைகளைக் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும் என 'தர்பர்த்' (Thurber) என்பாரும், 'கொலெட்' (Collette) என்பாரும் சொல்வர்:

1. மாணவரது வயதுக்கு ஏற்றவாறும், அவர்களுடைய அனுபவங்களில் ஏற்பட்ட நிகழ்ச்சிகளுக்கும் ஏற்பப் பொருத்தமுடையதாக அமைத்தல் வேண்டும்.
2. விளக்கப்பட்ட கருத்துகள் (Concepts) மாணவரது வளர்ச்சிக்கு ஏற்ற வகையில் அமைந்திருத்தல் வேண்டும்.
3. மாணவரது தேவைக்கும், கவர்ச்சிக்கும் ஏற்பப் பாடப்பொருள் அமைக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்.

4. பாடப்பொருள் பாடத்திட்டத்தினை ஒட்டியே அமைதல் வேண்டும்.
5. அறிவியல் கருத்துகள் பிழை ஏதுமின்றித் திருத்தமாக இருத்தல் வேண்டும்.
6. பாடப்பொருளில் மாணவர் அறிய வேண்டிய புதிய செய்திகள். முன்னர் அறிந்த செய்திகளுடன் இணைந்து அமைதல் வேண்டும்.

பாடப்பொருள் அமைப்பு

பாடப்பொருளை இரண்டு முறைகளில் அமைக்கலாம். தர்க்க ரீதியாக (Logical Organisation) அறிவியல் கருத்துகளையும், தத்துவங்களையும் காரண காரியத் தொடர்புடன் பாடப் பொருளை அமைக்கலாம். கல்லூரி வகுப்புப் புத்தகங்களிலும் உயர்நிலைப்பள்ளி விருப்பப் பாடப் புத்தகங்களிலும் இம் முறை பின்பற்றப்பட்டிருப்பதைக் காணலாம். மாணவர்களது அனுப வத்திற்கும், அவர்களது வளர்ச்சிக்கும், கவர்ச்சிக்கும் ஏற்ற வகையில் பாடப்பொருளைத் தெரிந்த செய்திகளிலிருந்து தெரியாதவற்றைச் சொல்லும் வகையில் அமைக்கப்பட்டுள்ளதை உளநூல் அடிப்படையில் ஏற்பட்ட அமைப்பு (Psy-chological Order) என்று சொல்வர். பொது அறிவியல் பாடப் புத்தகமும், உயிர்நூல் புத்தகமும் இம் முறையில் அமைதல் வேண்டும். பாடநூலில் பாடப்பொருள்கள் பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டு அமைக்கப்பட்டுள்ள முறையிலேயே இதை அறியலாம். சில பாடப்புத்தகங்களில் சூழ்நிலையை மையமாகக் கொண்டும், சிலவற்றில் பிரச்சினைகளை மையமாகக் கொண்டும் பாடப்பொருள்கள் அமைக்கப்பட்டிருக்கலாம்.

எழுத்து நடையும் (Literary style), பயன்படுத்தப்பட்ட சொல் அகராதியும் (Vocabulary)

எழுதப்பட்ட நடை படிப்பதற்கு எளிதாக அமைதல் வேண்டும். பொதுவாக எழுத்து நடை, வாக்கியங்களில் நீளத்தை யும், அவை நேரிடையாகச் சொல்லும் கருத்துகளையும், ஒரு வாக் கியத்தில் அமைந்துள்ள கருத்துகளின் எண்ணிக்கையையும், தொடர்ச்சியாக அமைக்கப்பட்ட கருத்தோட்டத்தையும் பொறுத்து அமையும்.

பயன்படுத்தப்பட்ட சொற்களின் தன்மையைப் பின்வரும் முறையில் மதிப்பிட வேண்டுமெனக் 'கர்டிஸ்' (Curtis) என்பார் சொல்கிறார்:

1. அறிவியல் பாடப்புத்தகத்தில் மாணவருக்குப் பொருள் தெரியாத பல புதிய கலைச்சொற்களைப் பயன்படுத்தியிருத்தல்;
2. கடினமான சொற்களை அடிக்கடி உபயோகப்படுத்துதல்;
3. அறிவியல் கலைச்சொற்களன்றிப் பிற கடினமான கலைச் சொற்களைப் பயன்படுத்துதல்;
4. அறிவியல் கலைச்சொற்கள் நன்கு விளக்கப்படாமல் இருத்தல்
5. கலைச்சொற்களைப் பற்றி விளக்கம் கூறும் முன்பே பயன்படுத்தி யிருத்தல்.

இவை தவிர்க்கப்பட வேண்டும். ஆகவே, ஒரு பாடப்புத்தகத்தை மதிப்பிடும்போது, கூடியவரை புழக்கத்திலுள்ள கலைச் சொற்களையே பயன்படுத்தியும், பாடப்புத்தகக் குழுவினரால் வெளியிடப்பட்ட கலைச்சொற்களையுமே உபயோகித்தல் வேண்டும்.

விளக்கப்படங்கள் (Illustrations)

இன்று பாடப்புத்தகங்கள் அதிக விளக்கப் படங்களைக் கொண்டு தயாரிக்கப்படுகின்றன. சாதாரணமாக, படிப்பில் தேங்கியுள்ள மாணவருக்கு விளக்கப் படங்கள் மிகுந்த அளவு துணை செய்யும். பாடப்புத்தகத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ள விளக்கப் படங்கள் பொருத்தமுடையனவாக இருத்தல் வேண்டும். பாடப் பகுதியில் எழுதப்பட்டுள்ள கருத்துகளை விளக்கும் வகையில் படங்கள் இணைக்கப்பட்டு, அப் படங்களுக்குரிய விளக்கக் குறிப்புகள் படத்திலேயே அம்புக்; குறியிட்டுக் குறிக்கப்பட்டோ அல்லது எண்ணிக்கையிட்டு, படத்தின் அடியிலேயோ விளக்கங்கள் அமைய வேண்டும். பாடப்பகுதிக்குத் தொடர்பில்லாத படங்கள் இணைக்கப்பட்டிருப்பின், அவை புத்தகத்தைப் பெரிதாக்கிக் காட்டுவதற்குப் பயன்படுமே தவிர, கற்பிக்கத் துணையாய் அமையா. ஃபோட்டோப் படங்களாயின், அவற்றின் படங்கள் தெளிவாக அமைதல் வேண்டும். வண்ணப்படங்களாக அமைந்தால், மாணவருக்கு ஆர்வம் ஏற்படும். கருவிகளின் அமைப்பை உணர, அவற்றின் குறுக்குவெட்டுத் தோற்றப்படங்களே (Cross-Sectional Diagram) சிறந்தவையாகும். அண்மையில் உயிர் நூல் பாடநூல்களின் ஒளி ஊடுருவும் தன்மையுள்ள பிளாஸ்டிக் தாள்களில் வண்ணப் படங்கள் அச்சிடப்பட்டு, ஒன்றின்மேல் ஒன்று பொருந்துமாறு அமைத்து, புத்தகங்கள் வெளியிடுவது ஒவ்வோர் உறுப்பின் தொடர்பினையும் அமைப்பையும் நன்கு புலப்படுத்தும் என்றாலும், அவற்றின் விலையைக் கருதி அது போன்று செய்ய இயலாது.

கற்பிக்கும் துணைக்கருவிகள்

தெளிவான பொருளடக்கப் பகுதியும், பயன்படுத்தியுள்ள கலைச்சொல்லகராதியும் இன்றியமையாதவை. கலைச்சொற்களின் வரிசையும், அவற்றிற்குச் சமமான ஆங்கிலச் சொற்களும் பின்னிணைப்பில் சேர்க்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். ஒவ்வொரு பாடத்தின் இறுதியிலும் மாணவர் எளிதில் செய்து பார்க்கக் கூடிய செயல்முறைக் குறிப்புகள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கலாம். பாடத்தின் முக்கியமான கருத்துகளைச் சுருக்கி, நினைவில் நிறுத்துவதற்கு எனப் பாடச்சுருக்கம் பாடத்தின் இறுதியில் அமைக்கப் படலாம்.

புத்தகத்தின் கட்டமைப்பும் தோற்றமும்

புத்தகத்தின் அட்டைப் படம் கவர்ச்சிகரமாக வண்ணத்துடன் அமைத்தல் வேண்டும். கட்டமைப்பு (Binding) உறுதியாகவும், புத்தகத்தைத் திறந்தால் நன்கு படியுமாறும் அமைதல் நன்று. புத்தகத்தின் அளவு அடக்கமாயும், தாள் நல்ல தரம் உடையதாகவும், அச்சு கோத்த முறை அதிக நீளமுள்ள வாக்கியங்களாக அமையாமலும், முக்கியமான செய்திகளைத் தடித்த அல்லது சாய்வான எழுத்துகளிலும் அமைத்தல் வேண்டும். கலைக்களஞ்சியங்களைப் போன்று மிகப் பெரிய அளவில் புத்தகங்களை அமைத்தல் கூடாது. செய்திகளைச் சுருக்கமாகவும், உபயோகமாகும் வகையிலும் அமைப்பதுதான் இன்று பெரும்பாலும் விரும்பப்படுகிறது. புத்தகங்களின் அகலம் அதிகமாக இருப்பின், வரிகளை நீளமாக அமைக்காமல், இரு பிரிவாக அமைத்து அச்சிடலாம். எல்லாவற்றையும் பரிசீலித்து இறுதியில் புத்தகத்தின் விலையும் குறைவாயிருக்குமாறு பார்த்தல் வேண்டும்.

இன்று புத்தகங்கள் ஒரே ஓர் ஆசிரியரைக் கொண்டு எழுதப் பெறுமல், பல பகுதிகளாகப் பிரித்துக்கொண்டு, அந்தந்தப் பகுதிகளில் சிறந்த தேர்ச்சி பெற்றவர்களைக் கொண்டு எழுதச் செய்கின்ற முறை பரவி வருவதைக் காணலாம். அண்மைக் காலமாக ஒரே புத்தகத்தைப் பலபேர் அடங்கிய ஆசிரியர் குழு ஒன்று இணைந்து எழுதி வெளியிடும் புத்தகங்கள் சிறந்த வரவேற்பைப் பெறுகின்றன. பொது அறிவியல் எழுதும்போது குறைந்தது ஒவ்வொரு பகுதிக்கும் ஓர் ஆசிரியராக அமைத்து எழுதுவது சிறந்தது. எழுதும் ஆசிரியர் பல ஆண்டுகள் அப் பாடத்தைக் கற்பித்துப் பட்டறிவு பெற்றவராக இருத்தல் வேண்டும். எப் பகுதியை விளக்கி எழுத வேண்டும், எங்குக் கற்றல் அனுபவங்களை அதிகமாகக் கொடுக்கலாம் என்ற செய்தி, கற்பித்துத் துறைபோய ஆசிரியர்களுக்குத்தான் தெரியும்.

புத்தகங்களைப் புறவயத்தன்மையில் தேர்ந்தெடுக்கும் முறை

புத்தகங்களைத் தன்மனவயப்படாத நிலையில் மதிப்பிட்டு, சிறந்த புத்தகத்தைத் தேர்ந்தெடுக்கும் பணியினைச் சிறப்பாக்க, மதிப்பெண் அட்டைகளும் (Score Cards), குறிப்பிடு பட்டியலும் (Check List) உள்ளன. இங்கு அவ்விது முறைகளில் இரண்டினைப் பற்றிப் பார்ப்போம். 'ஜார்ஜ் ஹன்டர்' (George Hunter) என்பார் கீழ்க்கண்ட முறையில் புத்தகங்களை மதிப்பீடு செய்யலாம் என்று கூறுகின்றார்:

		மதிப்பெண்கள்
1.	நூலாசிரியரது தரம்	50
2.	நூலின் அமைப்பும் விலையும்	100
3.	உளவியல் அடிப்படையில் பாடப்பொருள் அமைப்பு	300
4.	பாடப்பொருள்	250
5.	எழுத்தின் நடைமுறை (Literary Style)	110
6.	கற்றல் அனுபவங்கள்	140
7.	ஆசிரியருக்கு உதவும் குறிப்புகள்	50
		1000

ஒவ்வொரு தன்மையையும் மதிப்பிட்டு, அதன் அடிப்படையில் மதிப்பெண்களை வழங்கி, இறுதியில் எந்தப் புத்தகம் அதிக மதிப்பெண்களைப் பெற்றதோ அதனைப் பின்பற்றலாம்.

மற்றொரு முறையில் சிறந்த புத்தகத்தின் தன்மைகள் ஒவ்வொன்றினையும் சேர்த்து ஒரு குறிப்பிடு பட்டியல் தயாரித்துக் கொண்டு குறித்த தன்மைகள் இருப்பின், அவற்றிற்குரிய மதிப்பெண்களை வழங்கி, இறுதியில் எந்த நூல் அதிக மதிப்பெண்களைப் பெற்றதோ, அந் நூலினைத் தேர்ந்தெடுத்தல் ஆகும். லூயிவோகல் (Louis F. Vogel) என்பார் அமைத்த ஒரு குறிப்பிடு பட்டியலைச் சிறிது மாற்றி அமைத்துக் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது:

பாடப்புத்தகம் தேர்ந்தெடுக்கப் பயன்படுத்தப்படும் அளவுகோல்

1. பாடப்புத்தகத்தின் பெயர்
2. நூலாசிரியர்
3. வெளியிடுவோர்
4. பதிப்புரிமை ஆண்டு
5. விலை

I. நூலாசிரியரின் கல்வித் தகுதிகள்

1. நூலாசிரியர் ஆசிரியப் பணியில் பட்டறிவு மிக்கவர். ( )
2. அறிவியல் தொடர்பான துறைகளில் சிறப்பான தகுதிகளைப் பெற்றிருக்கிறார். ( )
3. நூல் தயாரிக்கும்போது அந்தந்தத் துறைகளில் சிறப்பான முறையில் அறிவு பெற்றுள்ளவர்களின் துணை நாடப்பட்டுள்ளது.
4. ஆசிரியர் எழுதியுள்ள பொருளை வகுப்பில் பயன் படுத்தியுள்ளார். ( )
5. நூல் முழுவதும் ஒருவரால் எழுதப்படாமல், பலரால் இணைந்து எழுதப்பட்டுள்ளது. ( )

II. பொருளமைப்பு (Organisation)

(இதை மதிப்பிடும்போது பொருளடக்கத்தையும், முன்னுரையையும், பகுதிகளின் தலைப்புகளையும், ஏதாவது ஒரு பாடத்தின் முடிவையும் படித்து விட்டு ஆராயவும்.)

1. நூல் முழுமையும் ஒரு பொதுவான கருத்தின் அடிப் படையில் எழுதப்பட்டுள்ளது. ( )
2. மாணவரிடையே ஆர்வத்தையும், அறிவியல் கருத்து கள் அன்றாட வாழ்க்கையில் பயன்படும் முறையையும் அடிப்படையாகக் கொண்டு பாடப் புத்தகத்தின் பகுதிகள் அனைத்தும் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளன. ( )
3. பள்ளியில் கற்பிக்கின்ற எல்லாத் தலைப்புகளையும் கொண்டு அமைக்கப்பட்டுள்ளது. ( )
4. ஒவ்வொரு பாட இறுதியிலும் கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களும், பயிற்சிகளும் எளியவற்றிலிருந்து கடினம் என்ற முறையில் படிப்படியாக அமைக்கப் பட்டுள்ளன. ( )

III. பொருள் (Content)

(இதற்குப் பொருளடக்கத்தையும், சொல்லகராதியையும், ஏதாவது ஐந்து பாடங்களையும் படித்துவிட்டு மதிப்பிடுக.)

1. பாடத்திட்டத்தில் சேர்க்கப்பட்டுள்ள தலைப்புகள், பகுதிகள் எல்லாம் நூலின்கண் இடம் பெற்றுள்ளன. ( )

2. பாடப் புத்தகத்தில் விளக்கப்பட்டுள்ள ஒரு பகுதிப் பொருள் அதனோடு தொடர்புடைய மற்றொரு பகுதியுடன் இணைத்துக் காட்டப்பட்டுள்ளது. ( )
3. அறிவியலின் வளர்ச்சி, வரலாற்று அடிப்படையில் எழுதப்பட்டுள்ளது. ( )
4. அண்மையில் நிகழ்ந்த அறிவியல் செய்திகளும், வளர்ச்சியும் புத்தகத்தில் இடம் பெற்றுள்ளன. ( )
5. அறிவியல் அறிவு வாழ்விற்குப் பயன்படும் இன்றியமையாமை விளக்கிக் கூறப்பட்டுள்ளது. ( )

IV. பொருள் விவரிக்கப்பட்டுள்ள முறை (Presentation of Material)

(ஏதாவது ஐந்து பாடங்களின் முன்னுரையைப் படித்துவிட்டு மதிப்பிடுக.)

1. தொகுத்தறிமுறையைப்(Inductive) பின்பற்றிப் பாடப்பொருள் தொடங்கப் பெற்றுள்ளது. ( )
2. அறிவியல் முறைப்படி பிரச்சினைகளைத் தீர்க்கும் முறை வலியுறுத்தப்பட்டுள்ளது. ( )
3. ஆசிரியரின் எழுத்து நடை எளிமையாகவும், கவர்ச்சிகரமாகவும் உள்ளது. ( )
4. புதிய அறிவியல் சொற்கள், கலைச்சொற்கள் தடித்த எழுத்துகளிலோ அல்லது சாய்வாகவோ அமைக்கப் பட்டுள்ளன. ( )
5. முக்கியமான தத்துவங்கள் தடித்த எழுத்து களாலோ, சாய்வான எழுத்துகளாலோ அமைக்கப் பட்டுள்ளன. ( )

V. பிழையின்மை (Accuracy)

(ஏதாவது ஐந்து தலைப்புகளை Index-ல் பார்த்துவிட்டு, நூலினுள் உள்ளதா என்று பார்த்து மதிப்பிடுக.)

1. சொல்லகராதியில் குறிப்பிட்டுள்ள பகுதிகள் சரியான பக்கத்தில் உள்ளன. ( )
2. நூலில் எழுதப்பட்டுள்ள அறிவியல் கருத்துகள் அனைத்தும் உண்மையானவை. ( )
3. ஆசிரியர் முன்னிலைப்படுத்திக் கூறும் கருத்துகள் தவிர்க்கப்பட்டுள்ளன. ( )

4. இருபொருள் தோன்றும்படி கருத்துகள் அமைக்கப் படவில்லை. ( )

VI. படிப்பதற்கு எளிமை (Readability)

(ஏதாவது ஒரு பாடப் பகுதியைப் படித்துப் பார்க்கவும்.)

1. ஒரு வாக்கியத்தில் சராசரியாக 21 வார்த்தைகளுக்கு மேல் இல்லை. ( )
2. பெரும்பாலான வாக்கியங்கள் எளிமையானவை ((Simple Sentences). ( )
3. ஒவ்வொரு கருத்துப் பொருளுக்கும் கூடியவரை ஒரு நடைமுறைக் குறிப்பு (Application) கொடுக்கப் பட்டுள்ளது. ( )

VII. கையாளும் திறன்

(பொருளடக்கத்தையும், ஐந்து பாடப் பகுதிகளையும் படித்து மதிப்பிடுக.)

1. புத்தகம் மெதுவாகக் கற்போர், வேகமாகக் கற்போர், நடுத்தர மாணவர்கள் ஆகிய மூன்று திறப்பட்ட மாணவருக்கும் ஏற்ற வகையில் போதிய பயிற்சிகளுடன் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. ( )
2. கிராமப்புறச் சூழ்நிலையில் உள்ள மாணவரும், நகர்ப் புற மாணவரும் புத்தகத்தைப் பயனுள்ளதாகக் கருதுவர். ( )
3. கருத்து வேறுபாடுள்ள பொருள்பற்றிக் கூறுகையில் நடுநிலைமையில் நின்று கருத்துகள் தெளிவாக விவரிக் கப்பட்டுள்ளன. ( )

VIII. கற்பிக்கும் துணைக்கருவிகள்

(ஒவ்வொரு பாடத்தின் இறுதியையும், பின்னிணைப்பையும், ஆசிரியர்க்குதவும் குறிப்புகளையும் பார்க்கவும்.)

1. ஒவ்வொரு பாட இறுதியிலும் கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்கள், செய்முறைப் பயிற்சி, பாடச் சுருக்கம் போன்றவை போதுமானவை. ( )
2. மாணவர்க்கும் ஆசிரியருக்கும் உதவும் தனித்தனி குறிப்புகளுக்குரிய (Reference) சரியான விவரங்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. ( )

3. பின்னிணைப்பில் இணைக்கப்பட்டுள்ள குறிப்புகள் அனைத்தும் தேவையானவையே. ( )

4. ஆசிரியருக்குரிய நூலில் (Teacher's Manual) வேண்டிய குறிப்புகள், விளக்கங்கள் கொடுக்கப் பட்டுள்ளன. ( )

5. கல்விப்படங்களின் விவரங்கள் அடங்கிய குறிப்புகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. ( )

IX. விளக்கப்படங்கள்

(ஏதாவது பத்து விளக்கப்படங்களைப் பார்க்கவும்)

1. விளக்கப்படங்கள் அனைத்தும் முற்றிலும் புதியவை. ( )

2. ஃபோட்டோப் படங்களின் பிரதிகள் தெளிவாகவும், பெரிய அளவிலும் உள்ளன.

3. படங்களின் குறுக்குவெட்டு அமைப்பும், பாகங் களும் சிறந்த முறையில் அமைந்துள்ளன. ( )

4. படங்களின் விளக்கங்கள் பாடப்பகுதியுடன் ஒன்றி இருக்கின்றன. ( )

5. சில முக்கியமான படங்கள் வண்ணப்படங்களாக அமைக்கப்பட்டுள்ளன. ( )

6. வரைபடங்கள் போதிய அளவு இணைக்கப்பட்டுள் ளன. ( )

X. புறத்தோற்றம்

1. மேலட்டை கவர்ச்சிகரமாக அமைந்துள்ளது. ( )

2. புத்தகத்தின் அளவும், அமைப்பும் அடக்கமாக அமைந்துள்ளன. ( )

3. படங்களின் அமைப்பு ஏற்ற இடத்தில் தெளிவாக உள்ளது. ( )

4. புத்தகத்தின் பக்கங்களில் அச்சிட்ட முறை, தெளிவா கவும் அடைப்புகள் (Crowded) இல்லாமலும் உள்ளது. எழுத்துகளின் அளவு படிப்பதற்கேற்ற வகையில் உள்ளது.

5. மற்றப் புத்தகங்களை ஒப்பிட்டு நோக்குகையில், இதன் விலை குறைவு. ( )

நாட்டுடைமையாக்கப்பட்ட பாடப்புத்தகங்கள் (Nationalised Text Books)

சென்ற சில ஆண்டுகளாக உயர்நிலைப்பள்ளிகளுக்கான பாடப் புத்தகங்கள் அனைத்தும் அரசினரால் வெளியிடப்பட்டு வருகின்றன. ஒவ்வொரு பாடத்திற்கும் ஒன்று அல்லது இரண்டு பாடப்புத்தகங் களே வெளியிடப்படுவதால், சிறந்த புத்தகத்தைத் தேர்ந்தெடுப் பதில் எவ்விதப் பிரச்சினையுமே எழுவதில்லை.

தனியார் துறையினரால் பல ஆண்டுகளாக மேற்கொள்ளப் பட்டு வந்த இப் புத்தக வெளியீட்டுத் தொழிலை அரசு மேற் கொண்டதற்குப் பல காரணங்கள் கூறப்பட்டன. அவற்றில் முக்கியமான கருத்துகளை மட்டும் நோக்குவோம்.

1. தற்பொழுது அரசினரால் ஏற்படுத்தப்பட்ட தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிடும் புத்தகங்கள் தமிழக முழு வதும் உள்ள பள்ளிகளில் மேற்கொள்ளப்படுகின்றன. ஆகவே, புத்தகங்கள் வெளியிடுவதில் உள்ள செலவு மிகவும் குறைக்கப் படுகிறது. புத்தகங்களின் தரமும் உயர்ந்து நிற்கின்றது. விலையும் குறைவு.

2. பாடநூல்களை எழுதும் பணி பட்டறிவு மிக்கவராயும், கற்றுத் தேர்ந்தவராயும் உள்ள ஒருவரிடமே ஒப்படைக்கப்படு கின்றது. நூலில்வெளியிடப்படும் படங்களின் தரமும் உயர்ந்து காணப்படுகின்றது. இப் புத்தகங்கள் அறிஞர்களின் கருத் துரையின் அடிப்படையில் வெளியிடப்படுகின்றன. ஆகவே, பொதுவாக இப் புத்தகங்களின் தரம் உயர்ந்து காணப் கிறது.

3. முன்பு இப் புத்தக வெளியீட்டால் கிடைக்கும் இலாபம் தனியார் துறைக்குச் சென்றது. ஆனால், இன்று இதில் கிடைக்கும் இலாபம் அரசுக்கு வேறு வளர்ச்சிப் பணிகளுக்குப் பயன்பட உதவுகின்றது.

அரசு புத்தக வெளியீட்டை மேற்கொண்டதால், தீமைகள் விளையும் எனச் சொல்பவர்கள் கீழ்க்கண்ட கருத்துகளைத் தெரிவிக் கின்றனர்:

1. புத்தக வெளியீட்டில் போட்டியின்மையால், புத்தகங்களின் தரம் உயர வழியில்லை.
2. அரசு வெளியீடாகவிருப்பதால், அரசின் கருத்துகளைத் திணிப் பதற்கு (Indoctrination) இயலும்.

3. மாநிலம் முழுவதும் ஒரே புத்தகம் என்றால், ஆசிரியர்கள் புத்தகத்திற்கு அடிமையாகி, சுதந்தர மனப்பான்மை பெற இயலாது.

உண்மையில் அரசு வெளியீட்டு நூல்களைப் பார்த்தவர்களுக்கு மேலே சொன்ன குறைகள் தவறான கருத்துகள் என்பது நன்கு புலனாகும். ஒரு வகுப்பிற்கு ஒரே புத்தகத்தை ஒரு பாடத்திற்கு வெளியிடுவதற்குப் பதிலாக, அரசும் ஒவ்வொரு பாடத்திற்கும் திறமை பெற்ற பல ஆசிரியர்களைக் கொண்டு நூல் வெளியிட்டால், அவற்றுள் தங்கள் சூழ்நிலைக்கேற்ப எழுதப்பட்ட சிறந்த நூலினைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்ள ஆசிரியர்களுக்கும் வாய்ப்பு ஏற்படும். விரைவிலேயே இதற்கான வழிமுறைகளும் அமைக்கப்படும் என நம்பலாம்.

அறிவியல் குறிப்புப் புத்தகங்கள் (Science Note Books)

அறிவியல் பாடத்தில் செய்து காட்டப்பட்ட சோதனைக் குறிப்புகளை எழுதிக்கொள்ளவும், சில பயிற்சி வேலைகளில் ஈடுபட்டு அவற்றின் குறிப்புகளை எழுதிக்கொள்ளவும், சில கருவிகளின் விளக்கங்களையும், அவை செயற்படும் முறையினைக் குறித்துக் கொள்ளவும், படித்துப் பாடங்களின் சுருக்கத்தை எழுதிக்கொள்ளவும் அறிவியலுக்கென மாணவர்கள் தனியாக ஒரு குறிப்புப் புத்தகம் வைத்துக்கொள்ளுதல் நல்லது. இப் புத்தகத்தில் மாணவர்களைப் பாடப்புத்தகத்திலிருந்து செய்திகளை அப்படியே பார்த்து எழுதும்படி செய்வதால், அவர்களுக்கு இவ் வேலையில் ஆர்வம் ஏற்படுவதில்லை. செய்திகளை அளவுக்கு அதிகமாக எழுதிக் கொள்வதைத் தவிர்த்து, எங்கெங்கு இயலுமோ அங்கெல்லாம் கருவிகளின் படங்களையும், படத்தின் குறிப்புகளையும் உற்றுநோக்கிய சோதனையில் முடிவுகளை அட்டவணைப்படுத்தியும், வரைபடங்கள் (Graphs) வரைந்தும் செய்யலாம். பாடங்களைக் கற்பிக்கும்போது ஏதாவது முக்கியமான செய்தியாயிருப்பின், அச் செய்தியைக் கரும்பலகையில் எழுதியோ அல்லது வாய்மொழி மூலமாகச் சொல்லியோ எழுதிக்கொள்ளச் செய்யலாம். பொதுவாக வகுப்பறையிலேயே இக் குறிப்புப் புத்தகத்தில் எழுதும் முறையைக் கையாள்வது நல்லது. படங்களை வரைந்துகொள்ளவும், உற்றுநோக்கிச் சேகரித்த விவரங்களை எழுதிக்கொள்ளவும் வேண்டிய அளவு நேரத்தைக் கொடுக்கலாம்.

வசதியிருப்பின், பாடங்களின் முடிவைத் தொகுத்துக் கூறுவதற்கு ஆசிரியரே சில செய்திகளைத் (outlines) தயாரித்துப்படி பெருக்கி, இயந்திரத்தின் மூலம் மாணவர் ஒவ்வொருவருக்கும்

விளக்கக் குறிப்புகளை அச்சிட்டுக் கொடுக்கலாம். தாமாகத் தயாரித்த சில வினாக்களைக் கொடுத்தோ, பாடத்தின் இறுதியிலுள்ள சில வினாக்களுக்கு விடை எழுதி வரும்படியோ செய்யலாம்.

இவ்விதக் குறிப்புப் புத்தகம் ஒரு பக்கம் கோடிட்டும், ஒரு பக்கம் கோடில்லாமலும் இருத்தல் நன்று. ஆனால், இவ்வகைக் குறிப்புப் புத்தகங்கள் சற்று விலை அதிகமாகும். ஆசிரியர் வசதிப்படி எவ்விதமாகவும் அமைத்துக்கொள்ளலாம்.

செயல் குறிப்பேடு (Activity Note Book-)

மேலே குறிப்பிட்ட குறிப்புப் புத்தகம் ஒவ்வொரு மாணாக்கரும் குறைந்த அளவு செய்ய வேண்டிய வேலைகளைக் குறிக்க உதவும். சிலர் குறிப்புப் புத்தகம் வைப்பதையே சுமையாகக் கருதுவர். வேறு சிலர் இப் புத்தகங்களை அழகுற அமைப்பதில் வல்லவர்களாக இருப்பார்கள். இது போன்ற மாணவர்களை அறிந்து அவர்களது திறமையை வளர்க்கப் பொதுவாக எல்லோரும் பயன்படுத்தும் குறிப்புப் புத்தகத்துடன் செயல் குறிப்பேடு ஒன்று வைக்கும்படி செய்யலாம். இப் புத்தகத்தில், நடத்தப்பட்ட பாடத்தின் தொடர்பான செய்திகள், படங்கள் போன்றவை செய்தித்தாளிலோ அல்லது அறிவியல் சஞ்சிகைகளிலோ (Science Magazine) வந்திருந்தால் அவற்றை வெட்டி ஒட்டி வைக்கலாம். அல்லது அறிவியல் தொழிற்கூடங்களைப் பார்வையிட்டுத் திரும்பினாலோ அல்லது இயற்கையின் வனப்பைக் கண்டு (Natural trial) திரும்பினாலோ மாணவர்கள் தங்களது அனுபவம் குறித்து அறிவியல் அடிப்படையில் செய்திகளையும் படங்களையும் சேகரித்துக் கட்டுரை எழுதியும், சொந்தமாகக் கவிதை இயற்றியும், கதைகள் புனைந்தும் நேரில் கண்டவற்றைப் படங்களாகவும், கார்ட்டூன் படங்களாகவும் வரைந்தும் கருத்துகளை வெளியிடலாம். வகுப்பில் செய்யப்பட்ட சோதனைகளுக்குமேல் மேற்கொண்டும், சில தொடர்பான சோதனைகள் செய்திருப்பின் அவற்றின் குறிப்புகளையும் தொகுக்குமாறு செய்யலாம். எடுத்துக்காட்டாக, ஏழாம் வகுப்பில் சூரியக் குடும்பம் (Solar System) என்ற தலைப்பில் சூரியனையும், மற்றக் கோள்களையும், பூமியையும், நிலவையும், விண்மீன்களையும், எரிகற்களையும் (Meteors and Meteorites) பற்றிய அடிப்படைச் செய்திகளைக் கற்பித்த பின், ஆர்வமுள்ள மாணவரை இவை தொடர்பான செய்திகள், படங்கள், கதைகள், கட்டுரைகள் போன்றவற்றைப் பல தகவல் நூல்களிலிருந்தும் (Reference Books) தயாரித்து, தனியாக உள்ள செயல் குறிப்பேட்டில் அழகுற அட்டை போட்டு (Decorated covers) அமைக்குமாறு செய்யலாம்.

இவ்வாறு அழகுறத் தயாரிக்கப்பட்ட குறிப்பேடுகளில் சிறந்த ஏடுகளை ஆசிரியர் செய்திப்பலகையில் (Display Board) போடலாம். வகுப்பில் நன்கு தயாரிக்கப்பட்ட பகுதிகளை மற்ற வர்களுக்குப் படித்துக் காட்டலாம். இம் முறையில் மாணவன் பெரிதும் தன் சொந்த முயற்சியால் தயாரிக்கப்பட்ட கருத்துகளை ஊக்குவித்தல் வேண்டும்.

அறிவியல் நூல்களைப் படிக்கத் தூண்டுதல்

வளர்ந்து வரும் அறிவியல் உலகில் அறிவியல் ஆசிரியர் எல்லாச் செய்திகளையும் அறிந்து வைத்திருப்பது என்பது இயலாத காரியம். மாணவர் கேட்கும் வினுக்கள் எல்லாவற்றிற்கும் ஆசிரியருக்கு விடை தெரிந்திருக்க வேண்டும் என்ற கட்டாயம் இல்லை. அவ்வாறு தெரியாவிடில் ஆசிரியர் வெட்கப்பட வேண்டியதில்லை. அதை மறைப்பதற்கு மாணவனது கற்பனைத் திறத்தை மடக்கி, திசை திருப்புதல் கூடாது. அச் செய்திக்குரிய விவரங்கள் கிடைக்கக்கூடிய நூலைப் பின்னர்ப் படித்து வந்து விளக்கம் கொடுக்கலாம்; அல்லது மாணவனையே அந் நூலைப் படித்தறியுமாறு செய்யலாம். தேவையானபோது தகவல்களைப் புத்தகங்களிலிருந்துதான் பெற வேண்டும். மாணவர்களுக்கும் அதிகப்படியான செய்திகளை அறிவதற்கு நூலகத்தைப் பயன் படுத்தப் பயிற்சி அளித்தல் வேண்டும். நூல்களையும், சஞ்சிகை களையும் ஆசிரியர்கள் தாங்கள் பயன்படுத்துவதன்றி, மாணவர் களையும் உபயோகிக்கும்படித் தூண்ட வேண்டும்.

அடிப்படையான சில செய்திகளைத் தெரிந்துகொள்வதற் கும், பிரச்சினைகள் தோன்றுமிடத்து அவற்றைப்பற்றி அறிந்து கொண்டு தீர்க்கவும், விவாதங்கள் நடத்தவும், புதிய பிரச் சினைகளை உருவாக்கவும், மாணவர்கள் கேட்கும் பாடத்திற்குப் புறம்பான வினுக்களுக்கு விடை தெரியாதபோதும், தனி வேறு பாடுகளுக்குத் தக்க நிகழ்ச்சிகளை அமைப்பதற்கும் ஆசிரியருக்கு நூலகம் துணை செய்கின்றது.

மாணவரையும் படிக்கத் தூண்டும்படி ஆசிரியர் கீழ்க் காணும் முறைகளைப் பயன்படுத்தலாம்:

1. சிறந்த நூலாயின், மாணவர் அனைவருக்கும் பொதுவான பயிற்சி ஒன்றினைக் கொடுத்து, அந் நூலையோ அல்லது சஞ்சிகையையோ படித்துப் பயிற்சியை முடித்து வருமாறு கூறலாம். இப் பயிற்சியை மேற்கொள்ளக் குறிப்பிட்ட நூலில் பலவிதமான பிரதிகள் இருத்தல் நலம் பயக்கும்.

2. சில நேரங்களில் பலவிதமான பிரச்சினைகளைக் கொடுத்து மாணவர் ஆர்வத்திற்கேற்பச் சிலவற்றைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கொண்டு, அவற்றில் அப் பிரச்சினைகளுக்குரிய விடைகளை வேண்டிய புத்தகங்களைப் படித்து முடிவு காணுமாறு செய்யலாம்.

3. ஏதாவதொரு பிரச்சினை ஏற்படும்போது, ஆர்வமுள்ள மாணவரை அழைத்து அப் பிரச்சினைக்குரிய விடையை நூலகத்தின் துணையுடன் கண்டு அறிந்து மற்ற மாணவர் களுக்கு அறிவிக்குமாறு செய்யலாம்.

4. சில முக்கியமான செய்திகள் புத்தகத்திலோ அல்லது சஞ்சி கையிலோ இருந்தால், அவற்றை வகுப்புக்குக் கொண்டு வந்து, ஆசிரியர் ஒரு பகுதியை மட்டும் படித்துக்காட்டி எஞ்சிய பகுதியைப் பின்னர்ப் படித்துக் கொள்ளுமாறு அறிவுறுத்தலாம்.

5. சோதனை செய்வதிலும், செயல்திட்டங்களிலும் ஆர்வமுள்ள மாணவர்களுக்குச்சோதனைகள் செய்கின்ற முறையினைவிளக்கு கின்ற நூல்களை விளம்பரப் பலகையில் (Display Board) வைத்து, அவற்றைப் படித்து உணருமாறு செய்யலாம்.

6. நூலகப் படிப்புக்கென்று வாரத்திற்குச் சிறிது நேரத்தை ஒதுக்கி வைத்தால், அந் நேரத்தில் கண்டிப்பாய் நூல்களைப் படிக்கும் பழக்கத்தில் ஆர்வம் தூண்டப்பெற்று நூலகத் தைச் சிறந்த முறையில் உபயோகிக்கும் எண்ணம் ஏற்படலாம்.

7. நூலகத்திற்கு மாணவரை அழைத்துச் சென்று, எப் புத்த கத்தை வேண்டுமானாலும் சுதந்தரமாக எடுத்துப் பார்க்க அனுமதித்தால், படிப்பில் ஆர்வமில்லாத மாணவனுக்குக் கூட ஏதேனும் ஒரு நூல் கவனத்தைக் கவரும்.

8. வகுப்பிற்கெனத் தனி நூலகம் ஒன்று இல்லையாயின், பொது நூலகத்திலிருந்து புத்தகங்களைக் கொண்டு வந்து மாணவரது ஆர்வத்தைத் தூண்டலாம்.

9. நூல்களைப் படித்து முடித்த மாணவரை அவர்கள் படித்த புத்தகத்தின் சுருக்கத்தை மற்ற மாணவர்களுக்கு விளக்கும் வகையில் கூட்டம் ஒன்று அமைத்தால், அப் புத்தகத்தின் விமர்சனத்தைக் கேட்டு மற்றவருக்கும் படிப்பில் ஆர்வம் தூண்டப்பெறுவர்.

10. அறிவியல் தத்துவங்களை அமைத்து எழுதப்பட்ட கற்பனைக் கதைப் புத்தகங்கள் மாணவரது ஆர்வத்தைத் தூண்டுவன.

எடுத்துக்காட்டாக, H. G. வெல்ஸ் (H. G. Wells) எழுதிய 'காலயியந்திரம்' (Time Machine), 'நிலவில் மனிதன்' (Man in the Moon) போன்ற அறிவியல் கட்டுக்கதைகள் (Science Fictions) மாணவரது ஆர்வத்தைத் தூண்டுவன.

ஆகவே, படிக்கும் ஆர்வத்தைத் தூண்ட மேற்கூறிய முறைகளைப் பின்பற்றலாம். பள்ளியில் நன்கு அமைந்த ஒரு நூலகமும் தேவை. ஒவ்வொரு வகுப்பிலும் நூலகம் அமையலாம். சிறுவர்கள் முதல் மேல்வகுப்பு பயிலும் மாணவர் வரை நூலகத்தில் அமைந்துள்ள தகவல் நூல்களையும் (Reference Books), கலைக்களஞ்சியங்களையும் (Encyclopaedia) பயன்படுத்தும் முறையை அறிதல் வேண்டும்.

அறிவியல் நூல்களைப் படிப்பது என்ற வேலையில் வேகத்திற்கு இடமில்லை. அறிவியல் புத்தகங்களைப் படித்து எளிதில் புரிந்து கொள்ள முடியாமல் சில இடர்ப்பாடுகள் ஏற்படுவது உண்டு. புதிய கலைச்சொற்களும், இரசாயனக் குறியீடுகளும் (Chemical Symbols), சமன்பாடுகளும் (Equations), வாய்பாடுகளும் (Formulae) அதிக அளவு அறிவியல் புத்தகங்களில் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. அவ்வாறே விளக்கப்படங்களும், வரைபடங்களும், சுற்றுப்படங்களும் (Circuit Diagrams), சில கருத்துப் பொருகளின் (Abstract Ideas) விளக்கங்களும் எளிதில் புரிந்துகொண்டு படிப்பது என்பது சாதாரண மாணவனுக்கு எளிதான செயல் அன்று. எனவே, நூல் நிலையத்திலிருந்து இது போன்ற கருத்துகள் அமைந்த புத்தகங்களைப் படிக்கும்போது, ஆசிரியர் மேற்பார்வையிட்டு, அவர்களுக்குத் துணையாய் அமைதல் வேண்டும்.

அறிவியல் நூல்நிலையத்திற்கான புத்தகங்களைத் தேர்ந்தெடுக்கும் முறை

அறிவியல் புத்தகங்களைத் தேர்ந்தெடுக்கும்போது கீழ்க்காணும் குறிப்புகளைக் கவனித்தல் வேண்டும்:

1. புத்தகங்கள் அண்மையில் வெளியிடப்பட்டதாக இருத்தல் வேண்டும். அறிவியலில் கருத்துகள் வளர்ந்துகொண்டே இருக்கின்றன. பழைய கருத்துகள் மாற்றப்படுவதும், புதிய கருத்துகள் தோன்றுவதும் இடைவிடாது நடைபெறுகின்றன. ஆகவே, புத்தகம் வெளியிடப்பட்ட ஆண்டினைக் கவனித்தல் வேண்டும்.
2. வேறுபட்ட ஆற்றலும், ஆர்வமும் உடைய மாணவர்களுக்கு ஏற்குற்போலப் பல திறப்பட்ட புத்தகங்களைப் பொறுக்கி

எடுத்தல் வேண்டும். சாதாரணமாக ஆர்வத்திற்காக, எளிய நூல்களையும், செய்திகளையும் அறிந்துகொள்ளக் கல்லூரி நிலையிலுள்ள புத்தகங்களையும் படிக்க மாணவர் விரும்பலாம்.

3. அறிவியல் சார்ந்த தொழில் துறைகளில் ஈடுபட விரும்பும் மாணவருக்கு ஏற்ற வகையில் புத்தகங்களைத் தேர்ந்தெடுத்தல் வேண்டும்.

4. அறிவியல் சம்பந்தமான கலைக்களஞ்சியங்கள், எளிய வகையில் எழுதப்பட்ட அறிவியல் நூல்கள் (Popular Science Books), அறிவியல் அகராதி (Science Dictionary) போன்றவற்றைத் தேர்ந்தெடுக்கலாம்.

5. அறிவியலின் எல்லாப் பகுதிகளிலும் புத்தகங்களைத் தேர்ந் தெடுப்பதுடன், அண்மையில் ஏற்படும் புதிய கண்டுபிடிப்புகள் பற்றிய புத்தகங்களையும் சேர்த்தல் வேண்டும்.

6. அறிவியல் தொடர்பாக வெளியாகின்ற வார, மாத இதழ் களையும் வரவழைத்தல் வேண்டும்.

7. அறிவியல் அறிஞர்களின் வாழ்க்கை வரலாறு நூல்கள் படிப்பதற்கு ஆர்வம் ஊட்டுவன.

ஆகவே, பொது நூலகத்தைத் தவிர அறிவியல் துறையில் தனியாக நூலகம் ஒன்று அமைத்தல் இன்றியமையாதது.

அறிவியல் சஞ்சிகைகள் (Science Magazines)

இன்று அறிவியல் அறிவு மிகுந்த அளவில் பெருக்கம் அடை கிறது. அண்மையில் ஏற்பட்ட அறிவியல் வளர்ச்சிகளை அறிந்து கொள்ளாவிடில், எந்த ஓர் அறிவியல் ஆசிரியரும் பிற்போக் கடைந்து விட முடியும். சென்ற ஒரு சில ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் வெளியிடப்பட்ட நூல்களில் அணுவைப்பற்றிய ஆராய்ச்சிச் செய்திகளுக்கும், இன்று வெளியாகும் நூல்களில் உள்ள செய்தி களுக்கும் நிறைந்த வேறுபாட்டைக் காணலாம். ஏறத்தாழ முப்பது ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் அறிவியல் பயின்ற ஒருவர் 92 தனிமங்களை மட்டுமே படித்தார். ஆனால், இன்று 104 தனிமங்கள் உண்டாக்கப்பட்டிருக்கின்றன. கருத்துகளும் அவ்வப்போது மாற்ற மடைகின்றன. 'Oxidation' 'Reduction' என்பதற்குச் சில ஆண்டுகளுக்கு முன்பு கொடுத்த விளக்கத்திற்கும், இன்று அறிவியல் ஆசிரியர்கள் கொடுக்கும் விளக்கத்திற்கும் மாறுபாடு இருப்பதை உணரலாம். ஆகவே, அறிவியல் ஆசிரியர் அவ்வப்போது மாறி வரும் கருத்துகளை உணர்ந்து தம்மைத் தயார் செய்துகொள்ளா விடில், பழங்காலத்துப் பொருளாக (Fossil) ஆகிவிடுவார் என்பது

திண்ணம். மாறிவரும் கருத்துகளைப் பெற அண்மையில் வெளி வந்த நூலின் மூலமாகக்கூட முடியாது. ஏனெனில், அந் நூலில் உள்ள கருத்துகள் குறைந்தது ஓராண்டிற்கு முன்னர் உள்ள கருத்துகள் எனலாம். எனவே, அவ்வப்போது ஏற்படும் வளர்ச்சியினை அறிய ஆசிரியருக்கு உதவும் சாதனம் சஞ்சிகைகள்தான். இவை பல ஆயிரக்கணக்கில் உலகம் முழுவதும் வார, மாத, மும்மாத, ஆண்டு மலர்களாக வெளியிடப்படுகின்றன ; அவ்வப்போது வெளியாகும் ஆராய்ச்சிகளைக் கட்டுரைகளாக ஏந்தி வருகின்றன. அறிவியலைக் கற்பிக்கும் ஆசிரியர்களுக்கென, 'The Science Teacher', 'The Physics Teacher', 'The Chemistry Teacher' என்று பல இதழ்களும், பொது அறிவியலைச் சார்ந்த 'The Scientific American', 'Popular Science', 'Science Digest', School Science and Mathematics' எனப் பல இதழ்களும் மேலைநாட்டிலிருந்து வெளியிடப்படுகின்றன. இவை நமது ஆசிரியர்களுக்கும் பயன் படக்கூடியவை ஆகும். நம் நாட்டிலும் 'Science today', 'Science Reporter', போன்ற இதழ்கள் மாதந்தோறும் வெளியாகின்றன. ஆனால், தமிழில் இவை போன்று பல இதழ்கள் வெளி வராதது பெருங் குறையேயாகும். தற்பொழுது 'கலைக்கதிர்' என்ற ஒரே இதழ்தான் எளிய தமிழில் அறிவியல் கருத்துகளைப் பல ஆண்டு களாக வெளியிட்டுத் தமிழுக்கும் அறிவியலுக்கும் தொண்டு செய்து வருகின்றது.

ஆகவே, அறிவியல் ஆசிரியர் தம் பணியைச் செம்மைப் படுத்த ஏதாவது ஒரு சில அறிவியல் இதழ்களையாவது படித்துப் பயன்பெற வேண்டும். மாணவரையும் அவ்வாறே படிப்பதற்குத் தூண்ட வேண்டும்.

பயிற்சி வினாக்கள்

1. சிறந்த பாடப் புத்தகத்தின் நல்லியல்புகள் யாவை?

2. சில அறிவியல் பாடப்புத்தகங்களைப் படித்து, அவற்றின் சிறப் பியல்புகளைப் புறவயத்தன்மையால் ஆராயும் ஒரு முறை யைப் பின்பற்றி ஆராய்க.

3. அறிவியல் பாடப் புத்தகங்கள் சிலவற்றைப் பார்வையிட்டு, அவற்றில் அடங்கியுள்ள விளக்கப்படங்கள் அமைக்கப் பட்டுள்ள முறையைப்பற்றி ஆராய்க.

4. நமது பள்ளிகளில் பயன்படுத்தப்படும் அறிவியல் பாடநூல் களில் உள்ள குறைகள் சிலவற்றை விவரிக்க. நமது மாணவர்

களிடம் எத்தகைய பாடப்புத்தகம் இருக்க வேண்டுமென நீவிர் விரும்புவீர் ?

5. ஏதாவது ஒரு பொருளியல் பாடத் தலைப்பிற்கு மாணவர்கள் தங்களுடைய அறிவியல் குறிப்புப் புத்தகத்தில் எழுதும் குறிப்புகள்பற்றித் திட்டமிடுக. அத் தலைப்பின்கீழ் ஆர்வமுள்ள மாணவர் செய்யக்கூடிய தொடர் வேலைகளையும், செயல் குறிப்பேட்டையும்பற்றி உணர்த்துக.

6. பாட நூல்களைத் தவிர இதர அறிவியல் நூல்களைப் படிப்பதற்கு மாணவர்களது ஆர்வத்தை எவ் வழிகளில் தூண்டலாம் ?

7. அறிவியல் பாடப்பொருளைப் படிப்பதிலும், புரிந்துகொள்வதிலும் மாணவரிடம் காணக்கூடிய சாதாரண இடர்ப்பாடுகள் யாவை ? இதை மனதிற்கொண்டு அறிவியலில் படிக்கும் பழக்கத்தை எவ்விதம் வளர்க்கலாம் ?

8. அறிவியல் நூலகத்திற்குத் தேவையான நூல்களை எவ்வாறு தேர்ந்தெடுப்பீர் ?

9. அறிவியல் தொடர்பாக வெளியிடப்படும் சஞ்சிகைகள் சிலவற்றைப் புரட்டிப் பார்த்து அவை வெளியிடப்படும் நோக்கங்கள், அவற்றின் விலை, வெளியிடப்படும் காலம், கட்டுரைகளின் தரம், வெளியீட்டப்படுவோரின் முகவரி போன்ற தகவல்களைச் சேகரிக்கவும்.

10. அறிவியற்கழகங்கள்

இன்று உலகத்தில் அறிவுப் பெருக்கம் எல்லையற்ற அளவில் அடைந்து வருகிறது. அறிவியற்கருத்துகள் ஏறத்தாழ 12 மில்லியன் அளவிற்குமேல் ஆராய்ச்சிக் கட்டுரைகளாக ஆண்டு தோறும் வெளியிடப்படுகின்றன. இக் கட்டுரைகளைத் தாங்கி 50 ஆயிரத்துக்கும் அதிகமாக அறிவியற்சஞ்சிகைகளும் வெளி வருகின்றன. ஆனால், வகுப்பறையில் அறிவியல் கற்பிப் பதற்காக ஒதுக்கப்பட்ட நேரமோ ஆண்டிற்கு 150 மணி நேர மாகும். இக் குறுகிய காலத்தில் வளர்ந்து வரும் அறிவியல் கருத்துகளில் ஒரு சிறு பகுதியையாவது கற்பிப்பது எங்ஙனம் ?

'அறிவியல்' என்பதற்குச் செய்து பார்த்து அறிந்துகொள்வது என்ற கருத்தும் உண்டு. ஆனால், இன்று வகுப்பறையில் சோதனை களைச் செய்வதுகூடச் சமையற்புத்தகத்தை ஒத்த சோதனைக் குறிப்புப் புத்தகத்தைப் பின்பற்றியே ஆகும். மாணவர் சிறிது கூடப் பிறழாமல் அக் குறிப்புப் புத்தகங்களில் அறிவுறுத்தப் பட்டபடி சோதனைகளைச் செய்து முடிக்கின்றனர். சோதனைகளைச் செய்யும்போது எதிர்பாராது நிகழும் உண்மைகளைப்பற்றி ஆராய் வதற்கோ, சிந்திப்பதற்கோ அல்லது மாணவனுக்கு விருப்பமுள்ள வேறு சில சோதனைகளைச் செய்வதற்கோ வாய்ப்பளிக்க இடமில்லை. இதற்குரிய நேரமும் வகுப்பறைகளில் கிடைப்ப தில்லை.

உயிர்நூல் என்பது உயிர்களைப்பற்றிச் சொல்கின்ற அறிவியல் என்று சொல்லிக்கொண்டு, உயிர்நூல் ஆய்வகத்தில் பெரும்பாலும் உயிரற்ற, பஞ்சடைத்த, பாதுகாக்கப்பட்ட உயிரற்ற பொருள்களையே வைத்துக்கொண்டு ஆண்டு முழுவதும் உயிர்ப் பொருள்களைப்பற்றிக் கற்பிப்பது முரணான செயல் அல்லவா ? உயிர்நூல் ஆய்வகத்தில் எங்கேயவது நீந்துகின்ற மீனையோ, தாண்டிக் குதிக்கின்ற தவளையையோ, மணம்

வீசுகின்ற மலரையோ, பறக்கின்ற பறவையையோ காண முடிகின்றதா? சில நேரங்களில் அங்குச் சிந்திக்கின்ற மனிதர்களும் உண்டா என்ற கேள்விகூட எழலாம்.

ஆகவே, சிந்திக்கின்ற மாணவனுக்கும், அறிவியலில் நாட்டமுள்ள மாணவனுக்கும் வகுப்பறையில் ஒரு கட்டுப்பாட்டிற்குள் நிகழும் கல்வி எத்துணையும் நன்மை பயக்காது. அதனால்தான் 'இத்தகைய மாணவர்களுக்குக் கட்டுப்பாடு ஏதுமின்றித் தங்கள் விருப்பத்திற்கு இணங்கப் பிற சோதனைகளைச் செய்வதற்கும், கருவிகளை அமைப்பதற்கும், சிந்தித்து செயற்படுவதற்கும், அறிவியற்கழகங்கள் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன. அறிவியல் நாட்டமுள்ள மாணவருக்கு வீட்டில் சோதனைகளை அமைத்துப் பார்க்க, சில எளிய கருவிகளைக் கொண்ட ஆய்வகத்தையும் (Home Laboratory) சில பெற்றோர்கள் அமைத்துக் கொடுத்து அறிவைவளர்க்கின்றனர். அறிவியற்கழக நிபுணரான 'மையிஸ்டர் (Meister) என்பார் அறிவியற்கழகத்திற்கும், வகுப்பறைக்கும் உள்ள வேறுபாட்டினை நன்கு உணர்த்தியுள்ளார். 'வகுப்பறைகளில் என்ன செய்ய வேண்டுமென்று பணிக்கப்படுகின்றது; அறிவியற்கழகத்தில் மாணவரே எதைச் செய்ய வேண்டுமென்று தேர்ந்தெடுக்கின்றனர்; வகுப்பறையில் ஏதேனும் ஒரு தலைப்பினைப் பற்றிக் கற்பிக்கும்போது முறைகள் அனைத்தும் ஆசிரியராலேயே கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன; கழகத்தில் மாணவர்களே எம் முறையைக் கையாளுவது என்று தேர்ந்தெடுக்கின்றனர். வகுப்பறையில் ஆசிரியரை மதித்து, அவருக்கு மகிழ்ச்சி தரும் வகையில் நடக்கின்றனர்; கழகத்தில் அவர்கள் தங்கள் சொந்த விருப்பத்திற்காகவும், மகிழ்ச்சிக்காகவும், கழகத்தின் நன்மைக்காகவும் செயல்களில் ஈடுபடுகின்றனர். வகுப்பறையில் ஒரு கட்டுப்பாட்டிற்குள் தங்களை அடக்கிக் கொள்கின்றனர். கழகத்தில் தங்கள் வசதிக்கேற்ப அமைக்கின்றனர். சுருக்கமாகச் சொன்னால் வகுப்பறை என்பது ஒரு விதிமுறையும் கட்டுப்பாடும் உள்ள இடம் என்றும், கழகம் என்பது சுதந்தரமும் ஆற்றலை வெளிப்படுத்தும் இடமாகவும் கருதப்படுகிறது.'

கழகம் அமைப்பதன் நோக்கங்கள்

மேற்கூறிய கருத்துகளிலிருந்து அறிவியற்கழகம் அமைப்பதன் முக்கியமான காரணங்களைக் கீழ்க்கண்டவாறு தொகுத்தமைக்கலாம்:

1. மாணவரிடையே அறிவியல் மனப்பான்மையை ஏற்படுத்தக் கழகங்கள் தோற்றுவிக்கப்படுகின்றன.

2. அறிவியலை ஒரு சிறந்த ஓய்வு நேர வேலையாக ஆக்கக் கழகங்கள் அமைக்கப்படுகின்றன.
3. அறிவியல் கற்பதில் மாணவர் பொறுப்பேற்கவும், பங்கேற்கவும்தான், தொடங்காற்றல் மிளிரவும் கழகங்கள் அமைக்கப்படுகின்றன.
4. அன்றாட வாழ்க்கை நிகழ்ச்சிகளிலும், சுற்றுப்புறத்தில் ஈடுபாடு கொள்ளவும், அவற்றைப்பற்றி ஆராயவும் கழகங்களின் நோக்கமாகும்.
5. தனிப்பட்ட மாணவருக்கு அறிவியலில் உள்ள ஆர்வத்தையும், திறமைகளையும் வளர்ப்பதற்குரிய வாயிலாக அமைகிறது.

அறிவியற்கழகங்களின் வகைகள்

அறிவியற்கழகங்களை இரு வகையாகப் பிரிக்கலாம்.

1. பொதுவான கழகங்கள் : எடுத்துக்காட்டாக, பொது அறிவியல் கழகம் என்றோ, உயிர்நூல் கழகம் என்றோ, இரசாயனக் கழகம் என்றோ, பொருளியல் கழகம் என்றோ அமைக்கலாம்.

2. தனிப்பட்ட ஆர்வத்தை வளர்க்கும் கழகங்கள்: 'ரேடியோ கழகம்' என்று அமைத்து, ரேடியோவை அமைக்கும் முறை, பழுது பார்த்தல் போன்று இத் துறையில் ஈடுபாடுள்ள மாணவரைக்கொண்டு அமைக்கலாம். இதே போன்று 'ஃபோட்டோ காமிரா கழகம்' என்றோ, 'இயற்கைக் கழகம்' (Nature Club) என்றோ, வானூர்திக் கழகம் (Aviation Club) என்றோ அமைக்கலாம். ஆனால், அனுபவத்தில் தனிப்பட்ட ஆர்வத்தை வளர்க்கும் கழகங்கள் நெடுநாட்கள் நிலைத்து நிற்பதில்லை.

கழகம் அமைக்கும் முறை

கழகத்தை முறைப்படி தோற்றுவித்தலே சிறந்தது. இதற்கு ஓர் அமைப்பை (Constitution) ஏற்படுத்திக்கொள்ள வேண்டும். கீழ்க்கண்ட வினாக்களுக்கு விடைதரும் வகையில் கழக அமைப்பை ஏற்படுத்திக்கொள்ள வேண்டும்:

1. கழகத்தின் நோக்கம் என்ன ?
2. கழகத்தின் பெயரென்ன ?
3. உறுப்பினராதல்: (1) அறிவியல் பயிலும் மாணவர் அனைவரும் உறுப்பினராகலாமா ? அல்லது ஆர்வமுள்ளவர் மட்டுமா ? (2) உறுப்பினராவதற்கு மாணவர் என்ன செய்தல் வேண்டும் ?

4. கூட்டங்கள் நடத்துதல் : (1) எங்கு, எப்போது நடத்தப் பெறுதல் வேண்டும் ? (2) எவ்வளவு நாட்களுக்கு ஒரு முறை ? (3) கூட்டங்களை யார் கூட்டுவது ?

5. நிதி : (1) சந்தா வசூலிப்பது உண்டா ? (2) எவ்வளவு ? (3) எந்தெந்த காரியங்களுக்குப் பணத்தைச் செலவிடுதல் வேண்டும் ?

6. உறுப்பினரை நீக்குதல் : என்ன காரணங்கருதி உறுப்பினரை நீக்கலாம் ?

7. செயற்குழுக் கூட்டம் : (1) எவ்வளவு நேரம் நடைபெறலாம்? (2) நடத்தும் முறை என்ன ?

8. அலுவலர்கள் : (1) தேர்தலை எப்போது நடத்துவது ? (2) எந்தெந்த அலுவலரைத் தேர்ந்தெடுத்தல் வேண்டும் ? (3) ஒவ்வோர் அலுவலரின் வேலை என்ன ?

9. அறிவியற்கழகச் செயல் திட்டங்கள் : (1) எவ்வளவு செயல் திட்டங்களை மேற்கொள்ளலாம் ? (2) பல்வேறு செயல்திட்டங்களை யார் தேர்ந்தெடுத்தல் வேண்டும் ?

10. வேறு விதிகள் ஏதாவது கழகம் சிறந்து செயல்படத் தேவையாயின் இணைத்துக்கொள்ளலாம்.

கழகத்தை முதலில் தோற்றுவிக்கும்போது அறிவியலில் ஆர்வமுள்ள மாணவர் சிலரைக் கொண்டு அமைக்கலாம். எவ்வித ஆர்ப்பாட்டமும் இல்லாமல், இக் குழு முதலில் ஒரு வெளிப் பயணத்தை மேற்கொண்டோ அல்லது ஒரு பொதுவான இடத்தில் பள்ளியிலோ அல்லது ஆசிரியர் வீட்டிலோ சந்தித்துக் கூடித் தொடங்கலாம். முதல் கூட்டத்தில் தற்காலிகமாக அலுவலர்களை நியமித்துக்கொள்ளலாம். அமைப்பு முறைகளை (Constitution) ஏற்படுத்திக்கொண்டு, அடுத்துக் கூடும் கூட்டத்தில் அவற்றை விவாதித்து, தேவையாயின் மாற்றி அமைத்து, எல்லோரும் ஒத்துக்கொள்ளும் வகையில் அமைத்தல் வேண்டும். பின்னர் நிலையான அலுவலர்களைத் தேர்ந்தெடுத்துக்கொள்ளலாம்.

சாதாரணமாக கீழ்க் கண்ட அலுவலர்கள் தேவையானவர்கள்:

1. பாதுகாவலர் (Patron) : பள்ளித் தலைமை ஆசிரியர்.

2. அமைப்பாளர் (Sponsor): அறிவியல் ஆசிரியர். அறிவியற்கழகம் ஆர்வம் குன்றாது நன்கு செயல்படுவதும், செயல்திட்டங்களில் ஈடுபடுவதும் இவரைப் பொறுத்தே அமையும்

அமைப்பாளர் மாணவர்களை மேற்பார்வையிடவும், நெறிப்படுத்தவுந்தான் உதவலாமே தவிர, அவர்களுக்கு உணர்த்துவதோ அல்லது அவர்களைக் கட்டுப்படுத்துவதோ கூடாது. இவர்களைத் தவிர, தலைவர், செயலாளர், பொருளாளர், நூலகர், விளம்பர அலுவலர், உறுப்பினர்களிலிருந்து தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட அனைவரும் மாணவர்களிலிருந்து தேர்ந்தெடுக்கப் பெறுதல் வேண்டும்.

அமைப்பாளராக விளங்கும் அறிவியல் ஆசிரியர் ஆர்வம் உள்ளவராகவும், தாம் தொடங்காற்றல் பெற்றவராகவும் இருத்தல் வேண்டும். இத்தகையோரைத் தேர்ந்தெடுத்து நியமித்து, அவருக்கு இத் துறையில் ஈடுபடுவதால் பிற வேலைகளிலிருந்து விலக்கு அளிக்கலாம். கழகத்தில் குறைந்த அளவு மாணவர்களை உறுப்பினராகச் சேர்த்தல் நல்லது. இருபது முதல் இருபத்தைந்து மாணவர்களுக்குமேல் இருத்தல் கூடாது. பத்து அல்லது பதினைந்து பேர் இருந்தாலும் அனைவரும் ஆர்வமுடையவராக இருப்பின், நன்றாகச் செயல்பட வாய்ப்புண்டு. அதிக பேர்களை உறுப்பினராகச் சேர்ப்பதனால் எவ்வித வேலையும் உருப்படியாக நடைபெறாது; நிறைய மாணவர்கள் செயலற்றுதான் இருப்பார்கள். அறிவியலில் உண்மையான ஆர்வமுள்ள மாணவரையே தேர்ந்தெடுத்து உறுப்பினராக்குதல் வேண்டும். விளம்பரம் செய்து சேரும்படி செய்யும்போது புது மாதிரியான அமைப்பாக இருப்பதால், தொடக்கத்தில் மாணவர்கள் நிறைய பேர் சேருவர். ஆனால், நாளடைவில் தானாகவே அழிந்து விடும். ஆர்வம் நிறைந்த மாணவர்கள் உண்மையிலேயே அதிகம் பேர் இருந்தால், மற்றோர் அமைப்பாளரைக் கொண்டு மற்றுமொரு கழகத்தை நிறுவ வேண்டுமே தவிர, ஒன்றாக இணைத்துச் செயலற்ற நிலையை உருவாக்கக் கூடாது.

கழகத்தில் மேற்கொள்ளும் செயல்கள்

அறிவியற்கழகம் சிறந்து, தொடர்ந்து செயல்பட வேண்டுமாயின், ஆர்வமூட்டக்கூடிய பல்வேறு வகையான செயல்களைத் திட்டமிடல் வேண்டும். அறிவியற்கழகம் மாணவர்களுக்காக நடத்தப்படுவது என்று அமைப்பாளர் எண்ண வேண்டும். வழக்கமாக நடைபெறும் அறிவியல் கூட்டங்கள் போன்று பேச்சுகள் மட்டுமே அமைக்காமல், பிற செயல்களையும் மேற்கொண்டு நடத்த வேண்டும். கீழே அறிவியற்கழகத்தில் செய்யக்கூடிய செயல்கள் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன:

1. வெளிப் பயணங்கள் : இந் நூலின் வேறொரு பகுதியில் கல்விப் பயணங்களை எவ்வாறு அமைப்பது என்று விரிவாகக் கூறப்

பட்டுள்ளது. சாதாரணமாக நெடுந்தொலைவுப் பயணங்களைவிடப் பள்ளியிலும், பள்ளியின் மைதானத்திலும், பள்ளியைச் சுற்றியுள்ள இடங்களிலும், உள்ளூரிலும் உள்ள அறிவியல் சம்பந்தமான இடங்களைக் காண ஏற்பாடு செய்யலாம். அண்மையிலுள்ள தொழிற்சாலை, தொலைபேசி மாற்று நிலையம் (Telephone Exchange), காலநிலைக் குறிப்புகள் சேகரிக்கும் நிலையம், பொருட்காட்சி, நகரின் குடிநீர் தேவையைப் பூர்த்தி செய்யும் நிலையம், அனல் மின்சார நிலையம் போன்ற பல இடங்களுக்குச் சென்று சொந்த ஊரில் எவ்விதமாக அறிவியலின் துணைகொண்டு பல தொழில்களும் இயங்குகின்றன என்று அறியலாம். அண்மையில் உள்ள கல்லூரிக்கோ அல்லது பல்கலைக் கழகத்திற்கோ சென்று அங்குள்ள ஆய்வகத்தைக் காணலாம்; தொழிற்சாலைகளைக் காணலாம்; ஒரு மருத்துவரை அழைத்து வந்து பேசச் சொல்வதைவிட, அவருடைய மருத்துவ மனைக்குச் சென்று, அங்கு நோயைப் பற்றி ஆராய்வதற்குப் பயன்படுத்தும் கருவிகளை நேரில் கண்டு அறியலாம். காவல் நிலையத்திற்குச் சென்று எவ்வாறு குற்றவாளிகளை அறிவியல் முறையின் அடிப்படையில் கண்டுபிடிக்கிறார்கள் என்பதைக் காணலாம். கோழிப்பண்ணை, கால்நடைப் பண்ணை போன்ற இடங்களுக்குச் செல்லலாம்.

2. தனிப்பட்ட வேலைகளில் ஈடுபடுதல் : மாணவர்கள் அவரவர் விருப்பத்திற்கும், ஆர்வத்திற்கும் ஏற்பச் சில சோதனைகளை அமைத்தல், செய்து காட்டும் சோதனைகளைச் செய்தல், அறிவியல் தொடர்பான போஸ்டர்கள் தயாரித்தல், கண்காட்சிக்குத் தேவையான பொருள்களைச் செய்தல், மாதிரி (Specimen) உருவங்கள் சேகரித்தல், எளிய பொருள்களைக் கொண்டு கருவிகள் அமைத்தல் (Improvised Aids), செயல்படாமல் பழுதுபட்ட கருவிகளைச் செப்பனிடல் போன்ற தனிப்பட்ட வேலைகளை அமைக்கலாம். இவ்வித வேலைகளில் ஈடுபட்ட மாணவர்களுக்குக் கூட்டங்கள் கூடும்போது சிறிது நேரம் ஒதுக்கி அவர்கள் செய்து முடித்த வேலைகளைக் குறித்து அறிக்கை கொடுக்கச் சொல்லலாம். அதன் அடிப்படையில் விவாதங்கள் நடத்தலாம்.

3. அண்மை நிகழ்ச்சிகளை அறிவித்தல் : மாதமொருமுறை கழக உறுப்பினர்கள் முன்னிலையில் அறிவிக்கலாம். இதற்கான செய்திகளை அறிவியல் இதழ்களிலிருந்தும், செய்தித்தாள்களிலிருந்தும் தயாரித்து வெளியிடலாம். இவற்றைப் பின்னர் வெளியிடப்படும் இதழ்களிலோ அல்லது செய்திப்பலகையிலோ போடலாம்.

4. கட்டுரை தயாரித்தல்: அறிவியல் சம்பந்தமான கட்டுரைகளை மாணவரைக் கொண்டு தயாரித்து மாதமோர் இதழாக வெளியிடலாம்.

5. செய்திப்பலகை அமைத்தல்: செய்திப்பலகை ஒன்றும் அமைத்து, அதில் அறிவியல் செய்திகளையும், படங்களையும் அவ்வப்போது வெளியிடலாம்.

6. பல்துறை அறிஞர்களுடன் கலந்துரையாடுதல்: பல்வேறு அறிவியல் துறைகளில் ஈடுபட்டுள்ளவர்களை அழைத்து மாணவருடன் கலந்துரையாடச் செய்து அந்தந்தத் துறைக்குத் தேவையான பண்புகளை அறியச் செய்யலாம். உதாரணமாக, ஒரு மருத்துவர். ஒரு பொறியியல் நிபுணர், காட்டிலாகா அலுவலர், தீ அணைக்கும் அலுவலர், நிழற்படத் தொழிலில் ஈடுபட்டுள்ள நிழற்படமெடுப்போர், விவசாயத் துறை நிபுணர் போன்றோரை அழைத்துப் பேசச் செய்யலாம்.

7. அறிவியல் அறிஞரின் நாள்களைக் கொண்டாடுதல்: ஆண்டு முழுவதற்கும் ஒவ்வொரு மாதமும் ஏதாவது ஓர் அறிவியல் அறிஞரின் நாளைக் கொண்டாடலாம்.

8. காட்சிக் கேள்விக் கருவிகளைப் பயன்படுத்தல்: நழுவங்கள், சலனப்படங்கள் போன்றவற்றைத் திரையில் வீழ்த்துவதற்குரிய பயிற்சியைக் கொடுத்துச் செய்யச் சொல்லலாம்.

9. கல்விப் படங்கள்: அறிவியல் சம்பந்தமான படங்களை வரவழைத்துக் காட்டலாம்.

10. அறிவியல் சந்தை, கண்காட்சிகள்: ஆண்டிற்கு ஒருமுறை பள்ளியில் கண்காட்சி ஏற்பாடு செய்யலாம். அறிவியல் சந்தையையும் ஏற்பாடு செய்யலாம்.

11. அறிவியல் வினாப்பெட்டி: ஒரு பெட்டியைப் பொதுவான இடத்தில் வைத்து, மாணவர்களுக்கு ஏற்படும் ஐயங்களை எழுதிப்போட வேண்டும். வாரம் ஒருமுறை பெட்டியைத் திறந்து அக் கேள்விகளுக்கு விடை அளிக்கலாம்.

12. பள்ளியில் காலநிலைக் குறிப்புகள் தயாரித்தல்: பள்ளி ஆய்வகத்திலுள்ள உச்ச, நீச உஷ்ணநிலைத் தெர்மாமீட்டர்களைக் கொண்டும், பாரமானி அழுத்தத்தைக் கொண்டும் ஈரப்பதம் கண்டுபிடித்தும், பிற அளவீடுகளை எடுத்தும், வானிலைக் குறிப்புகளையும் படங்களையும் தயாரிக்கலாம். இதனை அன்றாடம்

செய்தித்தாளில் வெளியிடப்படும் படங்களுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கலாம்.

13. முதலுதவி செய்தல்: பள்ளியில் மாணவர் உடல்நிலை பற்றிக் காண வேண்டிய குறிப்புகளைத் தயாரித்துக் கொடுக்கலாம். பள்ளியில் சுகாதார வசதிகள் எவ்வாறு சுத்தமாக அமைக்கப் பட்டுள்ளன என்பதைக் கண்காணிக்கலாம். விபத்துகள் நேரும்போது முதலுதவி செய்யலாம். மாணவர்களின் உணவுப் பழக்கங்களைக் கேட்டு அறிந்து, எவ்வாறு சரியான உணவு உண்ண வேண்டும் என்பதை வலியுறுத்தலாம்.

14. புத்தக விமர்சனம்: புதியதாக வெளியிடப்பட்ட அறிவியல் புத்தகங்களைப் படித்து விமரிசனம் செய்யலாம்.

15. அறிவியல் அறிஞரின் வாழ்க்கை வரலாறு அறிதல்: அறிவியல் அறிஞர்களின் வாழ்க்கை வரலாறுகளைப் படித்து, அவற்றின் சுருக்கத்தை வெளியிடலாம். உண்மைகளைக் காண எவ்வளவு தூரம் அயராது உழைத்தனர் என்று அறிவதனுல் அறிவியலில் ஆர்வம் ஏற்பட வழி உண்டு.

16. மூடப்பழக்கங்களை ஒழித்தல்: பல காலமாகப் பின்பற்றி வரும் மூடப் பழக்கங்களை அறவே ஒழிப்பதும், அறிவியல் மனப்பான் மையுடன் ஒவ்வொரு கருத்தையும் ஆராய்வதும் அறிவியல் கழகத்தில் செய்யலாம்.

17. தாவரங்களை அறிதல்: உள்ளூரில் காணப்படும் தாவரங்களை இனம் கண்டு சேகரித்து, அவற்றின் தன்மைகளை ஆராய்ந்து புத்தகங்களில் (Herbarium) அமைக்கலாம்.

18. அறிவியல் பொருட்காட்சி: மாணவர்கள் கொண்டு வரும் பொருள்களைச் சேகரித்து, அவற்றிற்குரிய விளக்கக் குறிப்பு களைத் தயாரித்து வைக்கும் பொறுப்பை இக் குழுவினர் ஏற்கலாம்.

19. மாணவர் கூட்டங்களில் பொது அறிவியல் தலைப்புகளைப்பற்றிப் பேசுதல்: அன்றுடம் பள்ளியில் மாணவர் கூடும் கூட்டங் களில் (School Assemblies) அணுசக்தியை ஆக்க வேலைக்குப் பயன்படுத்துதல், 'சுற்றுப்புறத் தூய்மை அறிதல்' (Pollution), 'அறிவியலும், வாழ்க்கையும்' போன்ற பொது அறிவியல் (Popular Science) தலைப்புகளில் பேசுமாறு அறிவியற்கழக உறுப்பினரை ஈடுபடுத்தலாம்.

20. செல்லப் பிராணிகள் வளர்த்தல்: விலங்குகள் சிலவற்றையும் (Terrarium), பறவைகள் சிலவற்றையும் (Aviary), நீர்வாழும் பிராணிகளையும் (Aquarium) பள்ளிகளில் வளர்க்கலாம்.

21. விண்ணை நோக்குதல்: தொலைநோக்கி கொண்டு இரவு நேரங்களில் வானத்தில் உள்ள நிலவைப்பற்றியும், மற்ற கிரகங்களையும் அறியலாம். நட்சத்திரக் கூட்டங்களை இனம் கண்டு (Identify) அறியலாம்.

முன்னேற்றமடைந்துள்ள திறமை வாய்ந்த மாணவர்களுக்கு மேலும் சில வேலைகளைக் கொடுக்கலாம்:

1. ஆராய்ச்சிகள் தனிப்பட்ட முறையில் எங்ஙனம் நிகழ்த்துவது என்பதைப்பற்றிப் பயிற்சி அளிக்கலாம்.
2. ஆராய்ச்சிக் கட்டுரைகள் எவ்வாறு எழுதுவது என்பதைப் பற்றிப் பயிற்சி கொடுக்கலாம்.
3. அறிவியல் அறிஞர்களிடம் பயிற்சி பெற வேண்டி அனுப்பி வைக்கலாம்.
4. அறிவியல் கருத்தரங்குகளுக்கும், அறிவியல் சந்தைகளுக்கும் இவர்களை அனுப்பி அவர்களுடைய அறிவை விரிவு படுத்த லாம்.

அறிவியற்கழகங்கள் பிற நாட்டிலும் நம் நாட்டிலும்

அறிவியற்கழகங்கள் மேலைநாடுகளில் சிறந்து செயல்படு கின்றன. இத் துறையில் அமெரிக்க நாட்டில் 'Science Clubs of America' என்று தானாகவே முன்வந்து உதவி செய்யும் நிலையம் ஒன்று எல்லாப் பள்ளிகளுக்கும் வேண்டுகின்ற உதவிகளைச் செய் கின்றது; அண்மையில் ஏற்படும் வளர்ச்சிகளை 'Science News-letter' என்று ஒரு பத்திரிகையில் வாரந்தோறும் வெளியிட்டுப் பள்ளிகளுக்கு அனுப்புகின்றது; அறிவியல் கழகங்களுக்கு அவ்வப் போது தேவையான அறிவுரைகளையும் வழங்குகின்றது; இவை யன்றிச் சில தொழில் நிறுவனங்களும் பள்ளி மாணவர்கள் சோதனை செய்து பார்க்கத்தக்க கருவிகளை (Science kit) அமைத்து, பள்ளி களுக்கு இலவசமாக அனுப்புகின்றன.

நமது நாட்டிலும் அறிவியற்கழகங்களைப் பள்ளிகளில் அமைப் பதற்கான முயற்சிகள் தீவிரமாகச் சென்ற சில ஆண்டுகளாகச் செய்யப்பட்டு வருகின்றன. இக் கழகங்களைப் பள்ளியில் ஏற்படுத் துவதற்கு NCERT முதலில் ரூ. 1200-ஐ மானியமாக வழங்கு கின்றது. உயர்நிலைப் பள்ளிகளில் நன்கமைந்த ஆய்வகங்களைக் கொண்ட பள்ளிகளுக்கு இம் மானியம் வழங்கப்படுகின்றது. இது வன்றி, ஆர்வமுள்ள அறிவியல் ஆசிரியர்கள், அரசு உதவி ஏது மின்றி மாணவரது ஊக்கத்தையும், ஈடுபாட்டையும் முதலீடாகக்

கொண்டு பல பள்ளிகளில் இக் கழகங்களை அமைத்துள்ளனர். ஆனால், இவை இன்னும் சிறந்த முறையில் செயல்படலாம். இவற்றில் பின்பற்றும் செயல்திட்டங்கள் பெரும்பாலும் ஒரே வகையாக அமைகின்றன.' ஒரே மாதிரியான படங்கள், மாதிரி உருவங்கள் தயாரித்தல், சொற்பொழிவுகள், வெளிப்பயணங்கள் ஏற்பாடு செய்தல் ஆகியவை தவிர வேறு எவ்வித வேலைகளிலும் ஈடுபடுவதில்லை.

அறிவியற்கழகங்கள் நன்கு செயல்பட வேண்டுமாயின், அறிவியல் ஆசிரியருக்கு அறிவியல் பாடத்தில் அளவு கடந்த ஆர்வமும், ஈடுபாடும் முதலில் தேவை. எவ்வளவோ கருவிகளும், பொருள்களும் அறிவியல் கற்பிப்பதற்கு அமைந்தாலும், அறிவியல் ஆசிரியர் அவற்றைப் பயன்படுத்தும் முறையில்தான் சிறந்த பயன் அளிக்கின்றன. இன்று வளர்ந்துள்ள அறிவியல் யுகத்தில் மாணவர்கள் பல துறைகளிலும் அறிவியலின் ஆதிக்கத்தைக் காண்கின்றனர். அவற்றைப்பற்றிய அறிவினைப் பொதுவாக வகுப்பறைகளிலே ஆசிரியர் கொடுக்கப் போதிய நேரம் இருந்தாலும் அறிவியற்கழகத்தில் அளவு கடந்த நேரம் உள்ளது என்பதை மறந்துவிடக் கூடாது.

அறிவியல் சந்தைகள் (Science Fairs)

மாணவர்கள் வெற்றிகரமாகச் செய்து முடித்த செயல்திட்டங்களைப்பற்றிய விவரங்களை மற்ற மாணவர்களுடனும், பொது மக்களுடனும் பகிர்ந்துகொள்ள வாய்ப்பளிப்பது அறிவியல் சந்தைகளாகும். இவற்றில் உயிர்நூல், பொருளியல், வேதியியல், இயந்திரவியல் (Technology) சம்பந்தமான கருத்துகளை விளக்கும் வகையில் மாணவர் வகுப்பறைகளிலோ அல்லது அறிவியற்கழகத்திலோ செய்து முடித்த காட்சிப் பொருள் எதுவாயினும் வைக்கப்படலாம். காட்சியில் வைக்கப்பட்ட பொருள்கள் அனைத்தும் மாணவரது நன்முயற்சியால் செய்யப்பட்டவையாக இருத்தல் வேண்டும். மாணவர்கள் தனித்தனியாகவோ அல்லது ஒன்று கூடியோ செய்து முடித்த கருவிகளாக அமையலாம். ஒவ்வொரு காட்சிப் பொருளும், அறிவியல் அறிவு இல்லாதவர்களும் பார்த்துப் புரிந்துகொள்ளும் வகையில் அமைதல் வேண்டும். வைக்கப்படும் பொருள்களின் தன்மையைப் பொறுத்துத்தான் மதிப்பிட வேண்டுமே தவிர, அவற்றின் விலையைக் கருத்தில் கொள்ளுதல் கூடாது. அறிவியல் சந்தைகளில் காட்சிப் பொருள்கள் மட்டுமன்றி, செய்து காட்டி விளக்கும் கருவிகளும் வைக்கப்படலாம்.

அறிவியல் சந்தைகளின் நோக்கங்கள்

1. பள்ளியில் நடைபெறும் அறிவியல் தொடர்பான வேலைகளை விளம்பரப்படுத்துவதற்காகவும்,
2. அறிவியலில் மாணவரது ஆர்வத்தை வளர்க்கும்பொருட்டும்,
3. வகுப்பில் வழக்கமான முறையில் படிக்கும் பாடத்தைவிட அறிவியல் ஆய்வில் மாணவரது ஆர்வத்தைத் தூண்டவும்,
4. அறிவியல் தொடர்பான ஓய்வு நேர வேலைகளில் ஈடுபடுத்தவும்,
5. அறிவியலில் உள்ள மாணவரது திறமையை வெளிக்காட்டும் வகையில் சோதனைகளையும், செய்துகாட்டும் சோதனைகளையும் அமைப்பதற்கும்,
6. மாணவரது திறமையை வெளிக் கொணரவும்,
7. மாணவருக்கும், ஆசிரியருக்கும் அறிவியலில் ஏற்பட்டுள்ள சாதனைகளைக் குறிப்பாலுணர்த்தவும்

அறிவியல் சந்தைகள் ஏற்படுத்தப்படுகின்றன. இவற்றை ஒவ்வொரு பள்ளியிலும் ஆண்டுக்கு ஒருமுறை ஏற்பாடு செய்யலாம். அல்லது பல பள்ளிகளுக்கு இடையே போட்டியை ஏற்படுத்தும் வண்ணம் பெரிய அளவில் மாவட்ட ரீதியாகவும் அமைக்கலாம்.

விளையும் பயன்கள்

அறிவியல் சந்தைகள் தனிப்பட்ட மாணவரது அல்லது குழுவினரது செயல்திட்டங்களை மற்ற மாணவர்களுடனும், பொதுமக்கள், பெற்றோர்களுடனும் பகிர்ந்துகொள்ளச் சிறந்த வாய்ப்பளிக்கிறது. சாதாரண எளிய கருவி ஒன்றினைச் செய்து முடித்தால்கூட அம் மாணவனது முயற்சியை அவனுடைய நண்பர்கள் பாராட்டும்போது ஊக்கமடைகிறான். அதே முயற்சியைப் பலரும் பார்த்துப் பாராட்டும்போது, அவனது ஆர்வம் தொடர்ந்து வளர்கிறது. ஆசிரியர்களுக்கும் இத்தகைய முயற்சி பெரிதும் அவர்களது வேலைக்குத் தூண்டுகோலாக அமைகிறது. மாணவர்கள் தங்கள் ஓய்வு நேரத்தைச் சிறப்பான வழிகளில் பயன்படுத்த இச் சந்தைகள் உதவுகின்றன. திறமை படைத்த மாணவர்களைக் கண்டு ஊக்குவித்தால், அறிஞர்களாகக்கூடத் திகழ்வதற்கான வாய்ப்புகள் ஏற்படுகின்றன.

எவ்வாறு சந்தைகளை ஏற்பாடு செய்வது ?

எவ்வளவு பெரிய சந்தையாக அமைப்பது, எங்கு எப்போது நடத்துவது, எந்தெந்த வகுப்பு மாணவரைக் கலந்துகொள்ள அழைக்கலாம், யார் யார் மதிப்பீட்டுக் குழுவில் இருத்தல் வேண்டும் என்ற பிரச்சினைகளுக்கு ஏற்ப முதலில் திட்டமிடல் வேண்டும்.

எந்தெந்தப் பகுதிகளை அறிவியல் சந்தையில் பங்கு பெற அனுமதிப்பது என்பதையும் நிர்ணயித்துக்கொள்ள வேண்டும். சந்தையைக் கல்வி ஆண்டின் கடைசிப் பகுதியில் வைப்பது ஏற்றது. இச் சந்தைக்கான விளம்பரத்தையும், அறிவிப்புகளையும் முன்கூட்டியே கொடுத்தல் நல்லது. சந்தைகளைப்பற்றிய விவரங்களடங்கிய குறிப்புப் புத்தகங்களும், நுழைவுச் சீட்டுகளும், மதிப்பீட்டு அட்டைகளும் (Scoring Cards), நற்சான்றிதழ்களும், வேறு தொடர்பானவற்றை அச்சிட்டு வைத்துக்கொள்ளுதல் வேண்டும். காட்சிகளை அமைப்பவருக்குக் குறைந்தது மூன்று முதல் நான்கு வாரங்களாவது காலம் கொடுத்தல் வேண்டும். ஒன்று முதல் இரண்டு நாள்கள் வரை காட்சிப் பொருள்களை அமைப்பதற்குக் காலம் கொடுத்தல் வேண்டும். இவற்றைக் குறைந்தது ஒரு நாள் முழுவதும் பார்த்து மதிப்பிடுதல் வேண்டும்.

மதிப்பீடு செய்தல்

மதிப்பீட்டுக் குழுவில் குறைந்தது மூன்று பேர்கள் இருத்தல் வேண்டும். அவர்களுள் ஒருவர் அறிவியல் அறிவு பெற்றிராத சாதாரண மனிதராகவும் (Layman), மற்றும் ஓர் ஆசிரியராகவும், ஓர் அறிவியல் நிபுணருமாகவும் இருக்கலாம். மதிப்பீட்டையும் கீழ்க்கண்டவாறு பல பகுதிகளாகப் பிரித்துக்கொண்டு, ஒவ்வொரு பகுதிக்கும் ஏற்றவாறு மதிப்பீடு செய்தல் வேண்டும்.

1.	அறிவியல் நோக்கு (Scientific Approach)	30%
2.	திட்டமிட்டதிலும், செய்து முடித்ததிலும் உள்ள சொந்தத் தன்மை (Originality)	20%
3.	தொழிற்திறமை, செய்து முடித்த பாங்கு (Technical Skill and Workmanship)	20%
4.	காட்சிப் பொருள்களின் முழுமையும், துல்லியமும் (Completeness and Accuracy)	10%
5.	கவர்ச்சித் தன்மை (Attractiveness)	10%
6.	நேர்முகத் தேர்வு சோதனைக் கருவியை அமைத்த மாணவனிடம் நேரிடையாக அறிதல் (Personal Interview)	10%

மதிப்பீடு செய்த பின் பரிசுகள் வழங்கலாம். பள்ளிக்குள் நடக்கின்ற போட்டியாயின், சாதாரணமாக நற்சான்றிதழ்களும், பெரிய அளவில் பள்ளிகளுக்கிடையே நடக்கின்ற போட்டியாயின், சிறந்த பள்ளிக்கும், மாணவருக்கும் நற்சான்றிதழ்களும், அறிவியல் சம்பந்தமான புத்தகங்களும், அறிவியல் கருவிகளுமாகப் பரிசுகள் கொடுக்கலாம்.

அறிவியலில் ஆர்வமுள்ள மாணவரைத் தேர்ந்தெடுத்தல்

தேசியக் கல்வி ஆராய்ச்சி (NCERT) சென்ற 1963 முதல் அறிவியல் துறையில் உயர்நிலைப் பள்ளி இறுதி நிலையில் திறமையுள்ள மாணவரைத் தேர்ந்தெடுத்து அவர்கள் உயர்படிப்பு (Ph. D.) முடிக்கும் வரை சுமார் ஒன்பது ஆண்டுகளுக்கு உதவித் தொகை அளிப்பது என்ற திட்டத்தைச் செயல்படுத்தி வருகின்றது. மாணவரைத் தேர்ந்தெடுக்கும் முறையை அமைத்து ஆண்டுதோறும் இத் திட்டத்தின்கீழ் 350 மாணவர்கள் தேர்ந்தெடுக்கப்படுகின்றனர். படிப்பு முடிந்த பின்னர் அவர்களுக்கு வேலை கிடைப்பதும் உறுதி செய்யப்படுகின்றது.

இத் திட்டத்தின் நோக்கங்களாவன:

1. அறிவியல் பாடத்தில் இயற்கையான திறமையுள்ள மாணவர்களைக் கண்டு பிடித்தல்;

2. போட்டியின் மூலமாக அவர்களின் அறிவியல் திறமையை வளர்த்து, வெளிப்படும் திறமையை மதித்தல்;

3. அது போன்று திறமையுள்ள மாணவர்களுக்கு உதவித் தொகை வழங்கி, B. Sc. படிப்பு முதல் Ph. D. வகுப்பு வரை உதவி செய்தல்;

4. திறமையுள்ள மாணவர்களுக்குத் தனிப்பட்ட செயல் திட்டங்களை அமைத்துக் கொடுத்தல்;

5. அறிவியலில் ஈடுபாடுள்ள மாணவர்களைப் பள்ளியிலேயே கண்டுபிடித்து அவர்களை ஊக்குவித்தல்;

6. அறிவியல் துறையை மேலோங்கி வளர்ச்சியுறச் செய்ய எதிர்கால அறிவியல் அறிஞர்களை உருவாக்குதல் போன்றவை.

திறமையுள்ள மாணவரை எவ்வாறு தேர்ந்தெடுப்பது ?

வகுப்புகளில் அறிவியலில் திறமையுள்ள மாணவனை எவ்வாறு தேர்ந்தெடுப்பது என்பது ஆசிரியருக்கு ஒரு சவாலாகவும், சிறந்த அனுபவமாகவும் அமையும். நாட்டின் வளர்ச்சி அறிவியல் அறிவைப் பொறுத்து ஏற்படுகின்ற ஒன்றாதலின், இன்றைய

இளைய தலைமுறையினருள் திறமை படைத்த மாணவரைத் தேர்ந்தெடுத்து ஊக்குவிப்பது சிறந்த தொண்டாக அமையும். எல்லாப் பள்ளிகளிலும் திறமையுள்ள மாணவர்கள் இருக்கின்றார்கள். அறிவியல் பாடத்தில் அதிக மதிப்பெண் பெறுகின்ற. மாணவனைத் திறமை படைத்தவன் என்று முடிவு செய்தல் கூடாது.

பொதுவாக, நுண்ணறிவு ஈவு 120-க்குமேல் உள்ள மாணவர்கள் படிப்பில் முன்னேறியிருப்பர். 15 அல்லது 20 விழுக்காடு மாணவர்கள் இவ்விதம் நுண்ணறிவு படைத்தவர்களாகப் பள்ளிகளில் இருப்பார்கள். இவர்களில் அறிவியல் துறையில் ஈடுபாடுள்ளவரை அறிதல் வேண்டும். இத்தகைய மாணவன் எதையும் கேட்ட உடனே முடிவுக்கு வராமல், 'ஏன்' 'எப்படி,' என்ற வினுவுடன் ஆராய்ந்து பார்ப்பவன். அவனிடம் கீழ்க்கண்ட திறமைகள் இருக்கின்றனவா என்று ஆராய்ந்து பார்க்க வேண்டும்:

1. அறிவியலில் இயற்கையாகவே திறமை,
2. எதையும் ஆராய்ந்தறியும் பண்பு, அறிவியல் முறையில் சோதனை செய்து பார்த்தல், திறனாய்வு செய்யும் குணம்,
3. அறிவியல் அறிவைப் பயன்படுத்திக் கிடைத்த தகவல்களை விளக்கிச் சொல்லும் திறமை,
4. அறிவியல் கருத்துகளைத் தெளிவாகவும், சுருக்கமாகவும் விளக்கும் திறமை,
5. அறிவியல் ஆய்வில் ஈடுபட்டுள்ளபோது காணப்படும் சுறுசுறுப்பு,
6. அண்மையில் வெளியான அறிவியல் ஆராய்ச்சிகளில் உள்ள ஈடுபாடு, அறிவு,
7. சோதனைகளை மையமாக வைத்துப் புதியது புனையும் ஆற்றல்.

இவ்வளவு பண்புகளையும் ஆராய்வதற்குத் தற்பொழுது பள்ளிகளில் நடத்தப்படும் அடைவுச் சோதனைகளைக் (Achievement tests) கொண்டு மட்டும் நிர்ணயித்தல் தவறான முடிவாகும். இப்பண்புகளை முழுவதும் அறிய வேண்டுமாயின், நுண்ணறிவுச் சோதனைகள், அடைவுச் சோதனைகள், ஈடுபாடு காணப்படும் சோதனைகள் (Interest Inventories) முதலியவை தேவைப்படுகின்றன. ஏதாவது ஒரு நேரத்தில் இச் சோதனைகளின் முடிவுகளை ஏற்று நடத்துவதைவிடப் பல நேரங்களில், பல ஆண்டுகளில் நடத்தப்பட்ட முடிவுகளை ஏற்று முடிவு செய்தல் வேண்டும். இவ்வகையில் திரள் பதிவேடுகள் (Cumulative Records) துணை

செய்யும், இச் சோதனைகள் கிடைக்காத காலத்தில் பொதுவாக மாணவர்க்கு அறிவியலில் உள்ள திறமையையும், ஆர்வத்தையும் காண, அவர்கள் வெளிப்படுத்தும் செயல்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு தற்காலிக முடிவுக்கும் வரலாம். ஆனால், இது முற்றிலும் பொருத்தமுடையதாகாது.

பொதுவாக அறிவியலில் நாட்டமுள்ள மாணவர்கள் கீழ்க் கண்ட செயல்களைச் செய்வதைக் காணலாம்:

1. அறிவியல் சம்பந்தமான புத்தகங்களையும், செய்திகளையும் படிப்பார்கள்.
2. விளக்கப்படங்களும், மாதிரி உருவங்களும் செய்வதில் ஈடுபடுவர்.
3. அறிவியல் கருவிகளைச் செய்வதிலும், செப்பனிடுவதிலும் ஆர்வம் காட்டுவர்.
4. அறிவியல் கழகச் செயல்திட்டங்கள் மிகுந்த ஈடுபாட்டுடன் செயல்படுவர்.
5. அறிவியல் தொடர்பான பொருள்களை, எடுத்துக்காட்டாக, பல வகை மண், பல வகைப் பூச்சிகள், பறவைகளின் சிறகுகள், இலைகள் போன்றவற்றைத் திரட்டுவது மட்டுமன்றி, அவற்றின் தன்மைகளையும், மற்ற விவரங்களையும் சேகரித்து வைப்பார்கள்.
6. நீர் வாழும் பிராணிகளையும், தரையில் வாழும் பிராணிகளையும், பறவைகளையும் செல்லப்பிள்ளைகளைப் போல் வளர்ப்பார்கள்.
7. அறிவியல் சம்பந்தமான இடங்களைச் சுற்றிப் பார்க்கச் செல்வார்கள்.
8. வானொலியில் நிகழ்த்தப்படும் உரைகளைக் கேட்டுக் குறிப்புகள் வைப்பார்கள்.
9. அறிவியல் துறையில் பணியாற்றுபவர்களைக் காணவும், உரையாடவும் விருப்பம் கொள்வார்கள்.
10. அறிவியல் ஆராய்ச்சிகளைப்பற்றி அறிந்து மகிழ்ச்சி கொள்வார்கள்.

இச் செய்கைகளைக் கொண்டு மதிப்பீடு செய்தல் ஓரளவுக்கு இயலும். இவ்வாறு அறிவியலில் ஈடுபாடுள்ள மாணவரைக் கண்டு ஊக்குவித்தல் அறிவியல் ஆசிரியரின் கடமையாகும். மாணவர்கள் எதிர்பாராமல் சில ஆண்டுகள் கழித்துக்கூட அறிவியல்

துறையில் நாட்டம் கொள்வார்கள். அவர்களேயும் உரிய காலத்தில் கண்டு ஊக்குவித்தால், எதிர்காலத்தில் நாட்டிற்கு நற்பயன் விளை விக்கும்.

அறிவியல் திறமை சோதனை (Science Talent Test)

தேசியக் கல்வி ஆராய்ச்சிக் குழுவினரால் அறிவியலில் நாட்ட முள்ள மாணவரைத் தேர்ந்தெடுப்பதற்கான சோதனை கீழ்க்கண்ட மூன்று பகுதிகளைக் கொண்டதாய் அமைக்கப்படுகின்றது:

I. அறிவியல் பாடத்தில் மாணவன் பெற்ற மதிப்பெண்கள்.

II. (1) அறிவியலில் இயற்கையாய் அமைந்த திறமையைச் சோதித்து அறிதல். இச் சோதனையில் மாணவர்களிடம் உள்ள அறிவியற்திறன்களைக் கண்டு பிடிக்கும் வினக் களாக அமைந்திருக்கும்.

(2) கட்டுரை முறைத்தேர்வு, இத் தேர்வில் அறிவியற் கருத்துகளையும், கொள்கைகளையும் தெளிவாக எழுதும் திறன் வாய்ந்துள்ளதா என்று காணப்படுகின்றது.

(3) ஒவ்வொரு மாணவனும் ஒரு செயல்திட்டத்தைச் செய்து முடித்து அதனுடைய அறிக்கையைத் தயாரித்தல் வேண்டும். இச் சோதனைமூலம் மாணவனின் சொந்த அறிவையும் (Originality), செயற்திறனையும் மதிப்பிட முடியும்.

III. நேர்முகத் தேர்வு, எழுத்துத் தேர்வில் அறிந்த மதிப் பீட்டின் அடிப்படையில் நேர்முகத் தேர்வு நடத்தப் பெறுகிறது.

படிப்புதவித் தொகை : தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட மாணவருக்கு B. Sc. வகுப்பு முதல் டாக்டர் பட்டம் முடியும் வரை ஏறத்தாழ ஒன்பது ஆண்டுகளுக்குப் படிப்புதவியும், புத்தகங்கள் வாங்குவதற் கென்று பணமும் வழங்கப்படுகின்றன.

இம் மாணவர்களுடைய முன்னேற்றத்தைக் கவனிக்கவும், தனிப்பட்ட முறையிலும் படிப்பிலும் நெறிப்படுத்தியும் திரள் பதிவேடுகள் வைக்கப்படுகின்றன.

அறிவியல்பாடத்தில் ஆர்வமும், திறமையுமுள்ள மாணவரை ஊக்கு வித்தல்

அறிவியல் பாடத்தில் ஆர்வமுள்ள திறமையுள்ள மாண வரைத் தேர்ந்தெடுத்த பின் அவர்களைப் பின்காணும் முறைகளில் ஊக்குவித்தல் வேண்டும்:

(1) அறிவில் உயர்ந்த மாணவர்களைத் தனிப்பட்ட செயல்திட்டங்களில் (Individual Project) ஈடுபடுத்தலாம். அவர்களுடைய ஆய்வக வேலையின்போது, எல்லோருக்கும் பொதுவான சோதனைகளை முடித்த பின்னர், அச் சோதனைகளைத் தொடர்ந்து அதிகப்படியான வேலைகளையும், புதிய சோதனைகளையும் செய்ய ஊக்குவிக்கலாம். எல்லோருக்கும் பொதுவான பாடப்பகுதிக்குமேல் வேறு புத்தகங்களைப் படிக்கச் செய்யலாம்.

(2) அறிவியற்கழக வேலைகளிலும், ஆய்வகத்தைப் பள்ளி நேரம் முடிந்ததும் மற்ற நேரங்களில் பயன்படுத்தவும் அவர்களை அனுமதிக்கலாம்.

(3) அறிவியல் அறிஞர்கள் பங்குகொள்ளும் அறிவியல் கூட்டங்களுக்கும், மாநாடுகளுக்கும், கருத்தரங்குகளுக்கும் அவர்களை அழைத்துச் செல்லலாம்.

(4) அமெரிக்க நாட்டில் சில பல்கலைக்கழகங்கள் போட்டி வைத்து, மாணவரைத் தேர்ந்தெடுத்து, பணவுதவி அளித்து, கோடை விடுமுறையில் பல்கலைக்கழகத்தில் இத்தகைய மாணவருக்குப் பயிற்சி அளிக்கின்றன.

(5) கீழ் வகுப்பில் பயிலும் மாணவருக்கு மேல் வகுப்புப் பாடங்களைக் கொடுத்துத் தனிப் பயிற்சியையும், கவனத்தையும் அளித்து முன்னேற்றம் அடையச் செய்யலாம். ஆர்வமுள்ள மாணவரை எலக்ட்ரானிக்ஸ், நிழற்படக்கலைபோன்ற துறைகளில் ஈடுபடுத்தலாம்.

(6) உயர்நிலைப் பள்ளியில் இருக்கும்போதே கல்லூரிக்கு உரிய பாடத்திட்டத்தைப் பின்பற்றிச் சோதனைகளையும், பயிற்சிகளையும் செய்ய ஊக்குவிக்கலாம்.

பயிற்சி வினாக்கள்

1. நீர் கற்பிக்கவிருக்கும் பள்ளியில் அறிவியற்கழகம் ஒன்று தொடங்குவதற்கான திட்டத்தைத் தயாரிக்க.
2. அறிவியற்கழகத்தினால் விளையும் பயன்கள் யாவை? எவ்விதமான செயல்களை இக் கழகத்தில் மேற்கொள்ளலாம்?
3. அறிவியற்கழகம் செயல்படும் பள்ளியினைப் பார்வையிட்டு, அங்குக் கண்டறிந்த செய்திகளைப் பயிற்சியாளருக்கு அறிவிக்க.

4. உயர்நிலைப் பள்ளி அளவில் அறிவியல் சந்தை ஒன்று நடத்த எவ்விதமான ஏற்பாடு செய்வீர் ?

5. அறிவியல் சந்தைகளினால் விளையும் பயன்கள் யாவை ? அறிவியல் சந்தை ஒன்றினை நேரில் பார்வையிட்டு, எவ்வாறு நடத்தப்படுகின்றது என்பதை அறிக.

6. அறிவியலில் ஆர்வமுள்ள மாணவரை எவ்விதம் கண்டறியலாம் ?

7. அறிவியலில் ஆர்வமும், திறமையுமுள்ள மாணவரை எவ்விதம் ஊக்குவிக்கலாம் ?

11. காட்சிக் கேள்விக்கருவிகள்

புலன்களின் வழியாகவே ஒவ்வொருவரும் கல்வி கற்கின்றனர் என்பது மறுக்க முடியாத கூற்ருகும். புலன்களைப் பயன்படுத்திக் கற்பதே சிறந்த, தெளிந்த, நிலைத்த அறிவை ஏற்படுத்தும் என்பதனை உணர்ந்த கல்வியாளர் மான்டிசோரி அம்மையார் தமது கல்வி முறையில் புலன்கள்மூலம் பெறுகின்ற அனுபவங்களை (Sensory Experiences) அடிப்படையாக அமைத்தார். ஆகவே, எல்லாப் புலன்களையும் கல்வி முறையில் பயன்படுத்தினுலும், கட்புலனையும், செவிப் புலனையும் மிகுதியாகப் பயன்படுத்துவதைக் காணலாம். கண்ணின்மூலமாகப் பெறுகின்ற அனுபவங்களே ஒரு மனிதனின் வாழ்க்கையில் மிக அதிகம் என்பதையும், இவ் வனுபவங்களே மற்றப் புலன்களின்மூலம் பெறுகின்ற அனுபவங் களைவிடச் சிறந்தவை, தெளிந்தவை என்பதும் அனைவரும் அறிந்த உண்மை. கண்ணிற்கு அடுத்த நிலையில் மனிதன் பெறுகின்ற அறிவு செவிப்புலன்மூலமேயாகும். ஆகவே, கல்வியில் இவ்விரு புலன்களும் பயன்படுத்தப்படுகின்ற அளவைக் கருதி, இக் கல்விக்குக் காட்சிக் கேள்விக் கல்வி (Audio-Visual Education) என்றும், இவ்வனுபவங்களைத் தருகின்ற கருவிகளுக்குக் காட்சிக் கேள்விக் கருவிகள் என்றும் பெயர் பெற்றன.

பொதுவாக மனிதர்கள் பெறுகின்ற அனுபவங்களை மூன்று பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம் என்று கல்வியாளர் எட்கர் டேல் (Edgar Dale) என்பார் கூறுவார். அவர் கருத்துப்படி, இவ் வனுபவங்கள் செயலை அடிப்படையாகக் கொண்டு பெறும் அனுபவங்கள் (Experiences which involve doing) என்றும், உற்று நோக்கலை அடிப்படையாகக் கொண்டு நிகழும் அனுபவங்கள் (Observational Experiences) என்றும், கருத்துப் பொருள்களை உணர்தல் (Symbolising) என்றும் பிரிக்கலாம். இம் மூன்று வகை அனுபவங்களிலும் செயல்மூலம் பெறுகின்ற அனுபவங்களும்,

உற்று நோக்கலை அடிப்படையாகக்கொண்டு நிகழ்கின்ற அனுபவங் களுமே நிலைத்த அறிவைக் கொடுப்பன. கல்வி அனுபவங்கள் கீழ்வகுப்புகளில் மிகுதியாகப் புலன்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு நிகழ வேண்டும். அவற்றின் அடித்தளத்தில்தான் மேல்வகுப்புகளில் சிந்தனையைத் தூண்டும் கருத்துப் பொருள்கள் (Abstract ideas) உருவாக வழியேற்படும் என்பது கல்வியாளர் கருத்தாகும்.

காட்சிக் கேள்விக் கருவிகளால் ஏற்படும் நன்மைகள்

1. காட்சிக் கேள்விக் கருவிகள் மாணவரது ஆர்வத்தைத் தூண்டிக் கவனத்தைக் கவருவன. ஆசிரியர் எப்போதும் வாய் மொழிமூலமாகக் கற்பிப்பதைவிட, கற்பிக்கும் பொருளைப் பற்றிய தெளிவான விளக்கப்படம், படக்காட்சி, செயல்படும் மாதிரி உருவம் (Working Model) போன்றவை மாணவரது ஆர்வத்தைத் தூண்டி, கவனத்தை ஏற்படுத்தி, தெளிந்த அறிவைக் கொடுப்பதற்குத் துணை செய்வன.

2. காட்சிக் கேள்விக் கருவிகள் நிலைத்த அறிவைக் கொடுக் கின்றன. காதால் கேட்பதைவிடக் கண்ணால் பார்ப்பது சிறந்தது. அதைவிடச் செய்து பார்த்து நேரிடை அனுபவம் பெறுவது சாலச் சிறந்தது. இவ் வகையில் காட்சிக் கேள்விக் கருவிகள் நிலைத்த அறிவை ஏற்படுத்தத் துணை செய் கின்றன.

3. அர்த்தமற்ற சொல்லாட்சியை (Verbalism) குறைத்துத் தெளிவான விளக்கம் பெறக் காட்சிக் கேள்விக் கருவிகள் துணை செய்கின்றன. நீராவி எஞ்சின் வேலை செய்யும் விதத்தை எவ்வளவு சிறந்த முறையில் விளக்கி வாய்மொழியாகக் கூறினாலும் அக் கருவியின் மாதிரி உருவத்தைக் காட்டி அதன் அமைப்பை விளக்கிக் கூறுவதனால் ஏற்படுகின்ற தெளிவான அறிவுக்கு இணையாகாது.

4. அகில உலகத்தையும், பரந்து விரிந்து கிடக்கின்ற அண்ட வெளியையும் படக்காட்சிமூலமாக வகுப்பறையில் கொண்டு வந்து மாணவர் கண்முன் நிறுத்திவிட முடியும்.

5. சில கருவிகளைக் கையாளும்போதும், சில நேரங்களில் நிகழ்ச்சிகளில் தாமும் பங்கு கொண்டு நடத்தும்போதும், அவை செயல்படுவதை நேரில் காணும்போதும் மாணவர் களுக்கு நேரிடையான அனுபவம் ஏற்படுகின்றது.

6. காட்சிக் கேள்விக் கருவிகள் பல பேர்களுக்குக் குறைந்த செலவில், எளிய முறையில் கல்வி கற்பிக்கும் (Mass media of communication) சிறந்த சாதனமாகும் வானொலியும், தொலைக் காட்சியும், செய்திப்படங்களும் பாமர மக்களையும் கவர்ந் திழுக்கும் சாதனங்கள் என்பதை உணர வேண்டும்.

காட்சிக் கேள்விக் கருவிகளை வகுப்பில் உபயோகிக்கும் இடங்கள்

1. வெளிநாடுகளில் அறிவியலில் நடப்பதை வகுப்பறை களில் படங்கள், படக்காட்சிமூலமாகக் கொண்டு வந்து காட்டலாம்.

2. வரலாற்றுச் சிறப்பு மிக்க நிகழ்ச்சிகளை ஃபோட்டோப் படங்கள்மூலமாகவும், ஃபோட்டோக்கலை கண்டு பிடிக்காத காலத்திற்கு முந்தையதை அப்போது கிடைத்த சித்திரங்கள், ஓவியங்களைக்கொண்டு காட்டலாம். சில நேரங்களில் வரலாற்றுச் சிறப்பு மிக்க உரைகளையும் (Historical Speeches) நாடாப் பதிவுக் கருவியின் வாயிலாகக் கேட்க இயலும்.

3. நேரில் சென்று காண இயலாத இரசாயனக்கூடங்கள், தொழிற்சாலைகள் போன்ற இடங்களையும், அங்கு நடைபெறும் செயல்களையும்பற்றி ஃபோட்டோப் படங்கள், படக் காட்சிகள்மூலம் காண்பிக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக, இரும்பு உருக்குத் தொழிற்சாலையையும், குரூட் ஆயிலைச் சுத்தம் செய்யும் முறையையும் படக்காட்சிகள்மூலம் அமைக்க லாம்.

4. மிகப்பெரிய கருவிகளைச் (Complicated) சுருக்கமாகவும்' தெளிவாகவும் அமைந்த செயல்படும் மாதிரி உருவங் களாகக் காட்டலாம். அதே போன்று கண்ணுக்குத் தெரியாத மூலகம், அணு போன்ற பொருள்களையும் பெரிய மாதிரி உருவங்களாக அமைத்துக் காட்டலாம்.

5. நுண்ணிய பொருள்களை மைக்ராஸ்கோப்பை உபயோ கித்து, நுண்பெருக்கி வீழ்த்தி (Micro-Projection) மூலமாகப் பெரியனவாகத் திரையில் காட்டலாம்.

6. இதயத்துடிப்பு போன்ற மெல்லிய சத்தங்களை 'ஸ்டெதாஸ்கோப்பு'மூலமாகப் பிடித்து, பெருக்கியை (Amplifier) உபயோகித்து எல்லா மாணவர்களும் கேட்கும் வகையில் அமைக்கலாம்.

7. மொட்டு மலர்வதைப் போன்ற மெதுவாக நிகழும் நிகழ்ச்சிகளைத் துரிதமாகவும் (Fast Motion Technique), துரிதமாக நடக்கும் நிகழ்ச்சிகளை மெதுவாகவும் காட்டத் (Slow Motion Technique) திரைப்படங்கள் மூலமாக இயலும்.

8. நன்றாக மூடப்பட்டுள்ள பொருள்களைப்பற்றித் தெளிவாக அறிந்துகொள்ளக் குறுக்கு வெட்டு மாதிரி உருவங்கள் (Sectional Models), குறுக்கு வெட்டுப் படங்கள் (Sectional Diagrams) போன்றவை துணை செய்யும்.

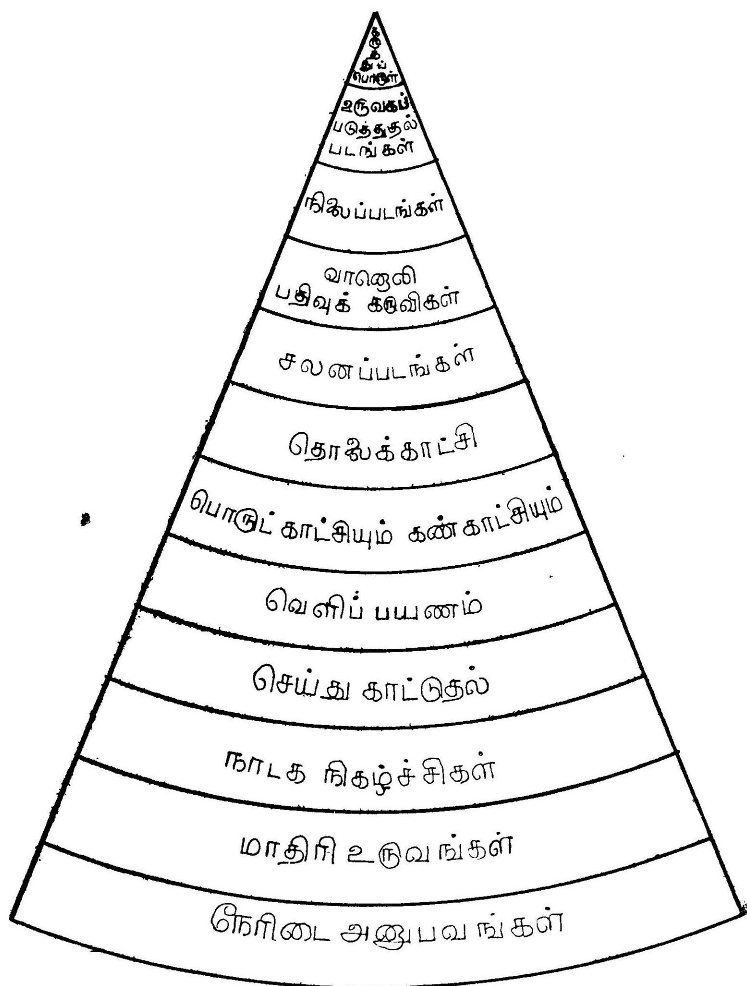
காட்சிக் கேள்விக் கருவிகளின் வகைகள்

'எட்கர் டேல்' எல்லாக் காட்சிக் கேள்விக் கருவிகளையும் தர்க்கரீதியாக முன்னர்க் குறிப்பிட்டவாறு மூன்று பெரும்பிரிவுகளாகவும், அவற்றை மேலும் பல துணைப்பிரிவுகளாகவும் பிரித்து, ஒரு கூம்பு வடிவத்தில் வரிசைக் கிரமமாக அமைத்துக் காட்டியுள்ளார். கூம்பின் அடிப்பகுதி அகலமாகவும், திடமாகவும் இருப்பது போல அதன் அடிப்பகுதியில் நேரிடை அனுபவங்களையும், மேலுள்ள குறுகிய பகுதியில் வாய்மொழி அனுபவங்களையும், இதற்கிடையில் மற்ற எல்லா அனுபவங்களையும், அவற்றின் தன்மைகளுக்கு ஏற்ப அமைத்துக் காட்டியுள்ளார்; கீழிருந்து மேலாகச் சென்றால் உருவகப் பொருளிலிருந்து அருவகப் பொருளுக்குச் (Concrcte to abstract) செல்வது போல அமைத்துக் காட்டியுள்ளார். அவரின் அமைப்பினைப் பின்வரும் படத்தில் காணலாம். இந்த அமைப்பின் மையக் கருத்து, எந்த ஓர் ஆசிரியரும் கற்பிக்குங்கால், சிறந்த முறையில் பயிற்றுவிக்கத் துணை செய்யும் நேரிடை அனுபவங்களைத்தான் முதலில் நாட வேண்டும் எனவும், அவ்வாறு அது கிடைக்காத காலத்தோ அல்லது சிறந்த அனுபவமாக அமையாத போதோ, அடுத்தடுத்து வருகின்ற அனுபவங்களுள் எவ்வனுபவம் சிறந்தது என்று தேர்ந்தெடுத்தல் வேண்டும். எவ்வித அனுபவமும் சிறப்பாக அமையாவிடில், இறுதியில் வாய்மொழியை உபயோகிக்கலாம் என்பதே கருத்து.

– ஒரு பழைய கூற்றினையும் ஈண்டு நினைவு கூர்தல் நல்லது.

''நான் கேட்கிறேன் (கேட்டதை) மறந்து விடுகிறேன்.''–
"I hear, I forget"
''நான் பார்க்கிறேன் (பார்த்தது) நினைவில் இருக்கிறது''-
"I see, I remember"
''நான் செய்கிறேன் (செயலில் ஈடுபடுவதால்) – முழு விளக்கம் புலப்படுகிறது. -"I do I understand"

1. நேரிடை அனுபவங்கள் (Direct Experiences): கல்வி கற்பிப்பதில் நேரிடை அனுபவங்கள் சிறந்த பயனை அளிக்க வல்லன. ஐம்புலன்கள் மூலமாகக் கண்டு, கேட்டு, உண்டு, உயிர்த்து, உணரு-



படம் 4

'எட்கர் டேலி'ன் அனுபவக் கூம்பு

கின்ற அனுபவங்கள் என்றும் நிலைத்து நிற்பன. அறிவியல் கற்பிப்பதிலும் சோதனைகளில் மாணவரை ஈடுபடுத்தி, கருவிகளைக் கையாண்டு அவை செயல்படும் முறைகளிலிருந்து முடிவு

காண்பது சிறந்த பயனை அளிக்கும். எனினும், எப்பொழுதும் உண்மைப் பொருளைக் கொண்டு கற்பித்தல் என்பது எளிதன்று. அணு என்பது மிகச் சிறிய பொருள். அணுவை நுண்ணிய நுண்பெருக்கியாலேயே பார்க்க இயலாதபோது, அதனுடைய அமைப்பைப்பற்றிக் கற்பிக்க உண்மையான அணுவைக் கொணர்ந்து கற்பிப்பது எங்ஙனம்? சில நேரங்களில் உண்மைப் பொருளைக் கொண்டு கற்பித்தாலும், தெளிவான அறிவைப் பெற இயலாது. எடுத்துக்காட்டாக, நீராவி எஞ்சின் வேலை செய்யும் விதத்தைக் கற்பிக்க வேண்டுமாயின், நீராவி என்சினை வகுப்பறைக்குக் கொண்டு வருவது இயலாது. அவ்வாறு நேரில் சென்று கண்டாலும் அவற்றின் உள்பாகங்கள் அனைத்தும் மூடப்பட்டுள்ளதால், அவை செயல்படும் விதத்தினைத் தெளிவாக உணர்த்துதலும் இயல்வதன்று. ஆகவே, இதுபோன்ற நேரங்களில் வேறு கருவிகளின் துணையை நாட வேண்டும்.

2. மாதிரி உருவங்கள் (Contrived Experiences) : மாதிரி உருவங்கள் உண்மைப் பொருளிலிருந்து அளவிலோ, அமைப்பிலோ மாற்றங்கொண்டு இருக்கலாம். சில கருவிகள் உண்மைப் பொருளைப்போல் பல மடங்கு பெரிதாக்கப்பட்டும், சில உண்மைப் பொருளைவிட மிகச் சிறிய அளவிலும் அமையலாம். கருத்துகளைத் தெளிய வைப்பதற்கென உண்மைப் பொருளிலிருந்து குழப்பங்களை (Complexities) நீக்கி, சுருக்கமாகத் தெளிவாக அமைக்கப்பட்டிருக்கலாம்.

சாதாரணமாக, மாதிரி உருவங்கள் வேலை செய்யும் மாதிரி உருவங்களாகவும் (Working Models) அல்லது செயல்படாத மாதிரி உருவங்களாகவும் அமையலாம். சிலவற்றைப் பாகம் பாகமாகப் பிரித்து உள்பகுதிகள் ஒவ்வொன்றையும் பார்க்கும் வகையில் அமைக்கப்படலாம். உதாரணமாக, கண்ணின் அமைப்பைக் காட்டும் மாதிரி உருவத்தையோ, மனித உறுப்புகளின் அமைப்பைக் காட்டும் மாதிரி உருவத்தையோ இது போன்று அமைப்பதுண்டு. இத்தகைய மாதிரி உருவங்களுக்கு X-ray Models என்று வழங்குவதுண்டு. பொதுவாக மாதிரி உருவங்கள் அட்டையினாலோ, மெழுகினாலோ, பிளாஸ்டிசீன் (Plasticene) என்ற பல வண்ணக் களிமண்ணினாலோ, பாரிஸ் சாந்தினாலோ (Plaster of Paris), மரத்தினாலோ ஆக்கப்பட்டிருக்கலாம். பொருளியல் கற்பித்தலில் 'வர்னியரை'ப்பற்றிக் கற்பிக்கும்போது, மிகப்பெரிய அளவில் அமைந்த மாதிரி வர்னியரையும், 'அகதகன என்சின்', தந்தி, தொலைபேசி போன்ற தலைப்புகளைக் கற்பிக்க வேலை செய்யும் மாதிரி உருவங்களையும்

சிறப்பாகப் பயன்படுத்தலாம். இரசாயனத்தில் மூலகங்களின் அமைப்பினைக் (Molecular Structure) காட்ட மாதிரி உருவங்களை அமைத்துக் காட்டலாம். ஆனால், தத்துவங்களைச் சிறப்பாக விளக்கிக் காட்டுவதற்கே இம் மாதிரி உருவங்களை உபயோகிக்கின்றோமே தவிர, இவை உண்மைப் பொருளுக்கு எந்த வகையிலும் ஒப்பாகாது என்பதை உணருதல் வேண்டும்.

நேரிடையாகக் காட்டுவதற்கோ அல்லது அவற்றின் மாதிரி உருவங்களை அமைத்துக் கற்பித்தல் என்பதோ வரலாற்று உண்மைகளைப் பொருத்த வரையில் இயலாததொன்றாகும்.

3. நாடக நிகழ்ச்சிகள் (Dramatization) : வரலாற்றுச் செய்திகளைப்பற்றிக் கற்பிக்க வேண்டுமாயின், நாடக நிகழ்ச்சிகளே சிறந்த பயனை விளைவிக்கும் அனுபவமாகும். மாணவர்களே பங்கேற்று நடித்துக் காட்டும்போது, வரலாற்று உண்மைகளை மீண்டும் அறிவதற்கேற்ற வாய்ப்பு ஏற்படுகின்றது.

4. செய்து காட்டுதல் (Demonstration) : சோதனைகளைச் செய்து கற்றல்தான் சிறந்த கல்வி எனினும், சில காரணங்களினால் எல்லாச் சோதனைகளையும் மாணவனே செய்து கற்றல் இயலாது. கற்பிக்கும் கருவி நுல்லியமானதாகவும், விலையுயர்ந்த கருவியாகவும். போதிய அளவில் இல்லாமல் இருந்தாலும், அக் கருவியைச் சிறந்த முறையில் பயன்படுத்தித் தெளிந்த அறிவைப் பெற மாணவர்களது மனவளர்ச்சி போதிய அளவில் ஏற்படாமல் இருந்தாலும், செய்துகாட்டும் முறையைப் பயன்படுத்திக் கற்பிக்கலாம். ஆனால். இவ் வகை அனுபவங்களில் மாணவர்கள் தங்கள் இருப்பிடத்திலிருந்து உற்று நோக்கி அறிவதால் அதிக அளவில் கட்புலன் மட்டுமே கல்வியில் ஈடுபடுத்தப்படுகின்றது. இவ் வகை அனுபவத்தை எங்ஙனம் அமைப்பது என்பதனை நூலில் வேறோர் இடத்தில் காண்க.

5. வெளிப்பயணம் செல்லுதல் (Excursion) : வரலாறு, அறிவியல் தொடர்பான பல இடங்களுக்கு மாணவர்களை அழைத்துச் சென்று நேரிடை அனுபவத்தைக் கொடுக்க இயலும். எனினும், காண்கின்ற இடத்தில் நடைபெறுகின்ற சூழ்நிலையைக் கட்டுப்படுத்த இயலாது. மாணவர்கள் உற்று நோக்கிக் கண்டு, தாம் கண்டவற்றைக் குறித்து வைத்துக்கொண்டு திரும்புதல் வேண்டும். இம் மாதிரியான கல்விப்பயணங்களை எங்ஙனம் தயாரிப்பது என்பது பின்னர் விரிவாக விளக்கப்பட்டுள்ளது.

6. பொருட்காட்சியும், கண்காட்சியும் (Museums and Exhibtions) : பல்வேறு இடங்களுக்கு மாணவர்கள் செல்கின்ற போதும்

பிற நேரங்களிலும் சேகரித்த பொருள்களைக் கொண்டு பள்ளியில் ஒரு பொருட்காட்சியையும், ஒருகண்காட்சியையும். அமைக்கலாம். மாணவர்களுக்கு இயற்கையாக அமைந்த கட்டுக்கத்தையும், திரட்டுக்கத்தையும் நெறிப்படுத்திப் பொருட்காட்சிக்கு வேண்டிய பொருள்களைச் சேகரிக்கலாம். இங்கு வந்து, வைக்கப்பட்டுள்ள பொருளைப்பற்றிய முழு விவரத்தினையும் அறிந்து சொல்லலாம். ஆகவே, பொருட்காட்சி என்பது நிலையாக இருப்பதால், மாணவர்கள் எப்போது வேண்டுமானாலும் வந்து பொருட் காட்சியில் வைக்கப்பட்ட பொருள்களின் தன்மைகளையும், அவற்றின் முழு விவரங்களையும், அப் பொருள் சேகரிக்கப்பட்ட இடத்தையும், சேகரித்தோர் பெயரையும் விளக்கமாக அறிந்து செல்லலாம். ஆகவே, இந்த விவரங்களை விளக்கமாக எழுதி வைத்தல் வேண்டும். ஆனால், கண்காட்சி ஒரு குறிப்பிட்ட கால வரையறைக்குள் அமைவதால், இங்கு வைக்கப்படும் பொருள் களுக்குரிய விளக்கங்கள் மிகக் குறைந்த அளவில் இருந்தால் போதுமானது. பள்ளிக்கெனப் பொதுவாக ஒரு தனி பொருட் காட்சிப் பகுதியோ அல்லது ஒவ்வொரு வகுப்பிற்கும் தனித் தனியாக ஒரு பொருட்காட்சியோ (Class Museum) அமைக்கலாம்.

தொலைக்காட்சி (Television): தொலைக்காட்சியில் அவ்வப் போது நடக்கின்ற செய்திகளை நேருக்குநேராகப் பார்க்க முடி கின்றது. தொலைக்காட்சியைப் பொறுத்தவரை என்ன நடக்கவிருக் கின்றது என்பது அறிய முடியாத ஒன்று. கல்வி கற்பிப்பதற்கும் தற்காலத்தில் மிக அதிகமாகத் தொலைக்காட்சியை மேலைநாடுகளில் பயன்படுத்தி வருகின்றனர். குறிப்பிட்ட எல்லைக்குள் அமையும் பள்ளிகளுக்கு மட்டும் ஒரு நிகழ்ச்சியை அமைத்து, அப் பகுதி களுக்கு மட்டும் தொலைக்காட்சி (Closed Circuit Television) அமைப்பதும் உண்டு.

8. சலனப்படங்கள் (Motion Pictures): சாதாரணமாகப் பள்ளி களில் 16 மி. மீ. அகலப் படங்களும், 8 மி. மீ. அகலப்படங்களும் வெகு அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. தேவைக்கேற்பத் திட்டமிட்டுச் செய்தியினைப் படமாக்கித் தயாரித்து வெளியிடப் படுவதால், சலனப்பட நிகழ்ச்சியில் முன்கூட்டியே என்ன செய் திகள் அடங்கியுள்ளன என்ற விவரத்தை ஆசிரியர் அறிந்து கொண்டு, அவற்றிற்கேற்ற முறையில் வகுப்பில் கற்பிக்க இயலும். சலனப்படங்களிலும் ஒலியமைப்பு இல்லாத படங்களும் (Silent Films) உண்டு. அவற்றிற்குரிய விளக்கவுரைகளை மாணவர்களுக்கு ஏற்ற வகையில் ஆசிரியரே தயாரித்து வகுப்பறைகளில் கற்பிக்கும் போது கொடுத்தல் வேண்டும்.

9. வானொலியும், பதிவுக் கருவிகளும் (Radio and Recordings) : அண்மைக் காலமாக வானொலி நிலையத்தார் உயர்நிலைப் பள்ளிகளுக்கெனவும், தொடக்கநிலைப் பள்ளிகளுக்கெனவும் நிகழ்ச்சிகளைத் தொகுத்துப் பள்ளி நேரங்களில் ஒலி பரப்புகின்றனர். முன் கூட்டியே இந் நிகழ்ச்சிகள் தயாரிக்கப்படுவதால், அவற்றிற்கான சுருக்கமான விளக்கங்கள் அடங்கிய குறிப்புரைகளைப் பள்ளிகளுக்கு அனுப்பி வைக்கின்றனர். அவற்றைக் கொண்டு மாணவரை ஆயத்தப்படுத்தி நிகழ்ச்சிகளைச் சிறப்பாக அமைத்து ஏற்பாடு செய்யலாம். சில நிகழ்ச்சிகள் குறிப்பிடத்தக்க அளவில் முக்கியத்துவம் அமைந்தவையாகவோ அல்லது சிறப்பாக அமைந்தவையாகவோ நாடாப்பதிவு (Tape-Recording) செய்துகொண்டு, வேண்டும்போது வகுப்பறைகளில் பின்னர்ப் பயன்படுத்தலாம்.

10. நிலைப்படங்கள் (Still Pictures): பொதுவாக ஆசிரியர் வகுப்பில் பயன்படுத்தும் படங்கள் பெரிய அளவில் இருத்தல் வேண்டும். ஆசிரியர் சுட்டிக் காட்டும் பகுதியை வகுப்பில் உள்ள மாணவர் அனைவரும் ஒரே சமயத்தில் பார்க்க வேண்டும். அதனால் சிறு படங்களை எபிடயாஸ்கோப்பு (Epidiascope) எனப்படும் வீழ்த்தியைப் பயன்படுத்திப் படத்தின் பிம்பத்தைப் பெரிய அளவில் திரையில் வீழ்த்தலாம். இதற்கு வகுப்பு முழுவதையும் இருட்டாக்க வேண்டும், பாடப்புத்தகங்களிலுள்ள சிறு படங்கள், ஆசிரியர் மாணவர் வெளிப் பயணம் சென்ற போதும், மற்ற நேரங்களிலும் சேகரித்த படங்கள் போன்றவற்றைப் பயன் படுத்தலாம்.

11. விளக்கப்படங்கள் (Charts): விளம்பரப்படங்கள் (Posters), வரைபடங்கள் முதலியவற்றைத் தகுந்த அளவில் ஆசிரியர் தயார் செய்து உபயோகிக்கலாம். இவற்றை அடிப்படையாகக் கொண்டு ஆசிரியர் விளக்கிக் கூறும்போது தெளிவான அறிவு ஏற்படுகின்றது.

12. கருத்துப் பொருள் (Verbal Symbols): மேற்கூறிய கருவிகள் அனைத்தையும் பயன்படுத்திக் கற்பித்தலைச் சிறப்பாக்க இயலும் என்றாலும், சில நேரங்களில் அருவகப் பொருளைப்பற்றி (Abstract Ideas) கற்பிப்பதற்குக் கருவிகள் ஏதும் துணை செய்ய மாட்டா. ஆகவே, அவற்றை ஆசிரியரது வாய்மொழியால் சொல்வன்மையால் உருவகப்படுத்திக் காட்டுதல் வேண்டும்.

காட்சிக் கேள்விக் கருவிகளைப் பயன்படுத்தும்போது ஆசிரியர் நினைவில் கொள்ள வேண்டியவை

1. காட்சிக் கேள்விக் கருவிகள் பல இருப்பினும், ஒவ்வொன்றும் ஒவ்வொரு விதத்தில் மற்றவற்றைக்காட்டிலும் சில நிறை

களுடனும், குறைகளுடனும் அமைகின்றன. ஆயினும், பாடத் தலைப்புக்கேற்பச் சிறந்த கருவியைத் தேர்ந்தெடுத்துக் கற்பிப்பதில்தான் ஆசிரியரது திறமை வெளியாகின்றது.

2. எந்தக் கருவியைப் பயன்படுத்தும்போதும் ஆசிரியர் மூன்று முக்கியமான படிகளைக் (Steps) கையாள வேண்டும். மாணவர் பெறப் போகும் அனுபவத்திற்கு அவர்களை ஆயத்தம் செய்தல், அனுபவத்தில் ஈடுபட்டிருக்கும்போது முக்கியமான கருத்துகளை வலியுறுத்தித் தெளிவுபடுத்துதல், அனுபவம் முடிந்த பின்னர்ப் பாடப் பொருளுடன் தொடர்பு ஏற்படுத்திக் கற்பித்தல் ஆகிய மூன்று படிகளையும் பின்பற்றுதல் வேண்டும்.

3. துணைக்கருவிகள் என்பவை ஆசிரியருக்குக் கற்பித்தலை எளிதாக்கத் துணை செய்யும் கருவிகளேயன்றி, ஆசிரியரை எக் காலத்திலும் நீக்கிவிட முடியாது. ஒவ்வொரு புதிய துணைக்கருவி தோன்றும்போதும் ஆசிரியரது பொறுப்பும் அதிகமாகின்றது என்பதை உணர வேண்டும்.

4. தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட துணைக்கருவிப்பாடத்துடன் தொடர்பு கொண்டதாக அமைதல் வேண்டும். கேளிக்கைக்காகவோ (Entertainment), ஆசிரியர் இல்லாத குறையை நீக்குவதற்காகவோ அமைவதன்று .

5. தேர்ந்தெடுக்கப்பட்ட துணைக்கருவி மாணவரது வயதையும், மனவளர்ச்சியையும், அனுபவத்தையும் பொறுத்து அமைதல் வேண்டும்

6. துணைக்கருவிகளை உபயோகிப்பதால் செலவிடப்படும் காலமும் ஆசிரியரது முயற்சியும் நியாயமானதாக இருத்தல் வேண்டும்.

7. உபயோகித்த கருவிகள் ஒவ்வொன்றினையும்பற்றி இறுதியில் மதிப்பிடுதல் வேண்டும்.

8. மாணவரது கவனத்தை இயற்கையாகவே கவரும் வகையில் கருவிகள் அமைதல் வேண்டும்.

கரும்பலகை (Black Board)

கரும்பலகை இங்கிலாந்து நாட்டில் முதன்முதலாகத்தோன்றிச் சுமார் 400 ஆண்டுகளாகப் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்ற சிறந்த காட்சிக் கருவியாகும். தொலைக்காட்சி என்றும், கற்பிக்கும் இயந்திரம் என்றும் (Teaching Machine) எவ்வளவோ புதிய கருவிகள் தோன்றிவிட்ட இக் காலத்தும் கரும்பலகை ஒரு சிறந்த சாதனமாக வளர்ச்சி பெற்ற நாடுகளிலும், வளர்ந்து வருகின்ற நாடுகளிலும், எல்லா நிலையிலும் பயன்பட்டு வருகிறது.

கரும்பலகையில் ஆசிரியர் ஒரு சிறு எழுதுபொருளைக் (Chalk. Piece) கொண்டு முக்கியமான செய்திகளைக் குறிக்கும்போது மாணவரது கவனம் நிலைநிறுத்தப் பெறுகின்றது.

கரும்பலகையின் வகைகள்: சுவற்றின்மீதோ, பலகையில் பளபளப்பில்லாத கருப்பு வர்ணம் (Nonglossy black paint) பூசியோ எழுதும் பரப்பை அமைக்கலாம். அல்லது கான்வாஸ் துணியில் அமைத்துச் சுற்றி வைக்கவும் (Roll up.Board) இயலும். பலகையைச் சாய்வாக அமைப்பதற்கேற்ற வகையில் ஒரு மரத் தாங்கியில் (Easel tybe) பொருத்தியும் வைக்கலாம். தற்காலத்தில் ஒரு பக்கம் தேய்க்கப்பட்ட கண்ணாடியின் (Ground glass) பின் பக்கம் தேவையான வர்ணம் பூசி, தேய்க்கப்பட்ட பரப்பு மேற் பகுதியில் அமையுமாறு மரச்சட்டம் கொண்டு சுவற்றில் பொருத்தி (Glass Chalk Board) அமைக்கலாம். பலகைமீது பச்சை வண்ண பெயின்டைப் பூசினால் பார்ப்பதற்குக் கவர்ச்சியாய் அமையும். சுரசுரப்பான தேய்த்த பக்கத்தில் சுலபமாக எழுதுபொருள் (Chalk) கொண்டு எழுத முடியும்.

கரும்பலகையின் உபயோகங்கள்: முக்கியமான விதிகளையும், தத்துவங்களையும் நினைவில் நிறுத்தவும், புதிய கலைச்சொற்களை முதன்முதலாக மாணவரது கவனத்திற்குக் கொண்டு வரவும், பாடத்தின் சுருக்கத்தை எழுதவும், முக்கியமான எளிய விளக்கப் படங்கள் வரையவும் கரும்பலகையை அறிவியல் பாடத்தில் பயன்படுத்தலாம். சோதனைகள் செய்யும்போது உற்றுநோக்கிச் சேகரித்த தகவல்களைத் தொகுத்து அட்டவணைப்படுத்திக் கற்பிப் பதற்குக் கரும்பலகையைச் சிறப்பாகப் பயன்படுத்தலாம்.

கரும்பலகையை உபயோகிக்கும்போது கவனிக்க வேண்டிய குறிப்புகள்: கடைகளில் விற்பனைப் பொருள்களை விளம்பரப்படுத்து வதற்கென வெளியே அமைக்கப்பட்டுள்ள காட்சிப் பலகை யைப் போல (Display Board) கரும்பலகை அமைய வேண்டும். கடைகளில் எவ்வாறு அவ்வப்போது பொருள்கள் மாற்றப்பட்டு, புதிய பொருள்கள் அழகுற வைக்கப்பட்டிருக்கின்றனவோ, அது போன்று கரும்பலகையையும் குழப்பமாக அமைக்காமல், அழகுற அவ்வப்போது எழுதப்பட்ட பொருள்களை மாற்றிப் புதிய முக்கியமான பொருள்களை அமைத்தல் வேண்டும்.

பின்வரும் விதிகள் கரும்பலகையைச் செவ்வனே உபயோகப் படுத்துவதற்குத் துணை செய்வன:

1. கரும்பலகை வைக்கப்பட்டுள்ள இடம் வெளிச்சம் படும்படியாகவும், வேண்டாத ஒளி பிரதிபலிப்பு ஏற்படாவண்ணம் அமைத்தல் வேண்டும்.
2. வகுப்பிற்குச் செல்லும்போது எழுதுவதற்கு வேண்டிய துணைக் கருவிகளான வண்ணக்கட்டிகள், அழிப்பான் போன்றவற்றுடன் செல்லுதல் வேண்டும்.
3. எப்பொழுதும் கரும்பலகையைச் சுத்தமாக அமைத்தல் வேண்டும்.
4. கரும்பலகையில் எழுதும்போது ஒருபக்கமாக நின்று எழுதுதல் வேண்டும்.
5. கரும்பலகையில் எழுத்துகள் பெரிய அளவிலும், தெளிவாகவும், நேராகவும், படிக்கும் வகையிலும் அமைத்தல் வேண்டும்.
6. வரையப்படும் விளக்கப்படங்கள் முக்கிய கருத்துகளை விளக்கும் வகையில் அமைந்தால் போதுமானது. பாடக் கருத்துகளைச் சுருக்கமாகவும், தெளிவாகவும் எழுதுதல் வேண்டும்.
7. கடினமான படங்களையும், வரைவதற்கு அதிக நேரம் ஆகும் விளக்கப்படங்களையும் வகுப்பு தொடங்குவதற்கு முன்னரே போட்டுவிடுதல் நல்லது. வேண்டுமானால் இலேசாக அழித்துவிட்டு, வகுப்பு நடக்கும்போது ஒவ்வொரு பகுதியாக ஆசிரியர் அக் கோடுகள்மீது சாக்கட்டியைச் செல்லவிட்டு முழுப்படத்தையும் அப்போது வரைவதுபோல் வரையலாம்.
8. மாணவரது கவனத்தைக் கவருவதற்கு வண்ணக்கட்டிகளையும், எழுதிய பகுதிகளைக் கோடிட்டுக் காட்டியும் செய்யலாம்.

கரும்பலகையில் ஆசிரியர் எழுதும்போது மாணவருக்கு முதுகைக் காட்டிக்கொண்டே செய்வதால், மாணவரது உணர்ச்சிகளைக் காண முடிவதில்லை. இதைத் தவிர்க்கும்பொருட்டு, தற்காலத்தில் தலைக்குமேல் பிம்பம் வீழ்த்தி (Overhead Projector) என்ற கருவி பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இதில் ஆசிரியர் மாணவரைப் பார்த்துக்கொண்டே இதற்கென அமைந்த ஒரு ஒளிபுகும் காகிதத்தில் எழுதுவது திரையில் மிகப்பெரிய அளவில் வீழ்த்தப்படுகின்றது.

தலைக்குமேல் பிம்பம் வீழ்த்தி (Overhead Projector)

ஒளி புகக்கூடிய ஒருவகை பிளாஸ்டிக் தகட்டில் எழுதப்பட்டவற்றைத் தலைக்குமேல் திரையில் வீழ்த்துமாறு அமைக்கப்பட்ட

கருவிக்கு 'Overhead Projector' என்று பெயர். இக் கருவியில் ஒளி புகக்கூடிய ஒருவகை பிளாஸ்டிக் பொருளில் எழுது வதற்கென அமைந்த ஒரு பேனுவைக் கொண்டு (Felt Pen) அல்லது மெழுகு பென்சில் (Wax Pencil) பாடம் நடத்திக் கொண்டிருக்கும்போது எழுதலாம்; படம் வரையலாம். அவ் வாறு எழுதப்பட்ட அல்லது வரையப்பட்ட படம் கீழேயிருந்து ஒளியேற்றப்பட்டுத் திரையில் மிகவும் பெரிய அளவில் தெளிவாக விழும். எழுதுவதற்கென்று தனியாக ஒரு பேனுவையோ, Felt பேனுவையோ உபயோகிக்கலாம். எழுதி முடித்தபின், தேவை இல்லையெனில், அவற்றை அழித்துவிட்டுப் பின் அதே பிளாஸ்டிக் அட்டையில் மீண்டும்மீண்டும் எத்தனை முறை வேண்டுமானுலும் எழுதலாம்.

அடிக்கடி உபயோகிக்க வேண்டிய செய்தியாக இருந்தாலும் அல்லது நிலையாக எப்பொழுதும் வைத்துக்கொள்ள வேண்டிய செய்திகளாயிருந்தாலும் பேப்பரில் தட்டச்சு செய்தோ, வரைந்துகொண்டோ ஒளி படி இயந்திரம் (Photo Copying Machine) மூலம் அசிடேட் தடவப்பட்ட ஒரு பிளாஸ்டிக் அட்டையில் மிகக் குறைந்த நேரத்தில் தயாரித்துக்கொள்ளலாம். பல முறை களில் இது போன்ற படிகளை ஒளிபுகக்கூடிய பிளாஸ்டிக் அட்டையில் தயாரிக்கும் இயந்திரங்கள் உள்ளன.

நிலையாக வைத்துக்கொள்ளக்கூடிய மற்ருெரு வகை ஒளி புகக்கூடிய பிளாஸ்டிக் அட்டைகள் ஒன்றின்மேல் ஒன்று பொருந்துமாறு (Overlay) அமைக்கப்பட்டவை. ஒரு படத்தின் பாகங்களையோ, பகுதிகளையோ வெவ்வேறு அட்டைகளில் தயாரித்துக்கொண்டு, முதலில் ஒரு படத்தைப் பார்த்து முடித்த வுடன், அதன்மீது அடுத்த அட்டையை வைத்தல் வேண்டும். இவ்வாறு பகுதிகள் ஒவ்வொன்றையும் ஒன்றின்மீது ஒன்று வைத்துக் காட்டி விளக்கும்போது இறுதியில் படம் பூர்த்தியா கின்றது.

இக் கருவியின் பயன்கள்: 1. ஆசிரியர் எல்லா நேரமும் மாண வரைப் பார்த்துக் கொண்டே விளக்கிச் சொல்ல முடியும். அதே நேரத்தில் படங்களும், எழுத்துக்களும் திரையில் தோன்றுகின்றன.

2. அறையை இருட்டாக்க வேண்டியதில்லை. நல்ல வெளிச்ச முள்ள அறையிலேயே பயன்படுத்தலாம்.

3. ஓர் ஒளிப் பதிவு அட்டையைச் செய்துகொண்டால், அதையே எத்தனை முறை வேண்டுமானுலும் உபயோகிக்கலாம்.

4. வீழ்த்தியின் எடை மிகக் குறைவாதலின், எங்கு வேண்டு மானாலும் கொண்டு செல்லலாம்.
5. வகுப்பில் அமைதியையும் கட்டுப்பாட்டையும் நிலைநிறுத்தி, மாணவரது ஆர்வத்தையும் தூண்டலாம்.

படம் வீழ்த்தும் கருவிகள் (Projectors)

சிறிய அளவில் உள்ள படங்களை மிகப் பெரிய அளவில் திரையில் தோன்றுமாறு விழச் செய்யும் கருவிகளுக்கு வீழ்த்தும் கருவிகள் என்று பெயர். எபிடயாஸ்கோப்பு, 35 மி.மீ. படச் சுருள் வீழ்த்தி, 16 மி.மீ. படம் வீழ்த்தி போன்றவை இதில் அடங்கும். இது போன்று படங்களைத் திரையில் வீழ்த்துவதால் ஏற்படும் நன்மைகளாவன :

(1) படம் பொருளைவிடப் பன்மடங்கு அளவில் திரையில் வீழ்த் தப்படுகிறது.
(2) எல்லா மாணவர்களும் ஒரே நேரத்தில் காண்பதால், ஆசிரியருக்கும் கற்பித்தல் எளிது.
(3) படம் காட்டும்போது அறையை இருட்டாக்கி விடுவதால், மாணவரது கவனம் சிதறாமல் நிலைத்து நிற்கும்.

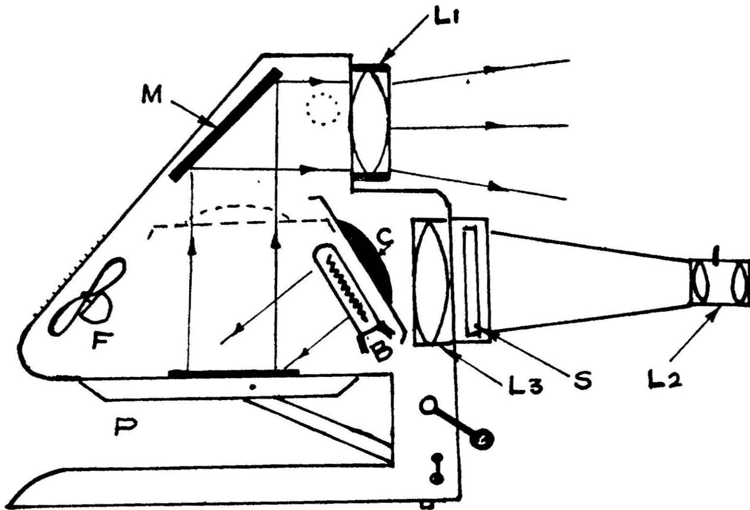
எபிடயாஸ்கோப் (Epidiascope) :

இக் கருவி, 'எபிஸ்கோப்' (Episcope) 'டயாஸ்கோப்' (Dias-cope) என்ற இரண்டு தனித்தனியான கருவிகளை இணைத்து, உருவாக்கப்பட்ட கருவியாகும்.

சாதாரணமாகப் பொருள்களின் ஒளி ஊடுரும் தன்மையைக் கொண்டு ஒளிபுகும் பொருள் (Transparent Object) என்றும், ஒளிபுகாப் பொருள் (Opaque Object) என்றும் இரு வகையாகப் பிரிக்கலாம். ஒளிபுகாப் பொருள்களாகிய கல்வி கற்பிக்கப் பயன் படுத்தப்படும் புத்தகப் படங்கள், சில சிறிய பொருள்கள், ஃபோட் டோப் படங்கள் போன்றவற்றைப் பெரியஅளவில் திரையில் வீழ்த் தக்கூடிய கருவிக்கு 'எபிஸ்கோப்' என்று பெயர். ஒளிபுகக்கூடிய கண்ணாடியால் தயாரித்த நழுவங்களைப் பெரிதாக்கித் திரையில் வீழ்த்தக்கூடிய கருவிக்கு 'டயாஸ்கோப்' அல்லது 'மாய விளக்கு' (Magic Lantern) என்று சொல்வர்.

எபிடயாஸ்கோப் கருவியின் அமைப்பு : இக் கருவியில் ஒளி பொருந்திய விளக்கு B ஒன்று அமைந்துள்ளது. அதன் பின்புறம் ஒளியைப் பிரதிபலித்துப் பன்மடங்காக்கக்கூடிய குழி ஆடி C ஒன்று அமைந்துள்ளது. இக் கருவியின் அடிப்புறத்தில் பொருள்களை

வைக்க மேலும் கீழும் அசையக்கூடிய ஒரு தளம் P (Platform) அமைந்துள்ளது. இதன் மேற்புறத்தில் 45° சாய்வில் ஒரு சமதள ஆடி M அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இதற்கு எதிர்ப் புறத்தில் குவிலென்சு L பொருத்தப்பட்டுள்ளது.



மடம் 5
எபிடயாஸ்கோப்

வேலை செய்யும் விதம் : கைப்பிடியைப் பயன்படுத்தி, தளத்தில் திரையில் வீழ்த்த வேண்டிய பொருளை வைத்து மூட வேண்டும். விளக்கிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்கள் பொருளின்மீது பட்டுப் பிரதி பலித்து மேலே அமைந்துள்ள சமதள ஆடியின்மீது பட்டு, மீண்டும் பிரதிபலித்துக் குவிலென்சினால் குவிக்கப்பட்டுக் கருவியின் எதிரே சிறிது தொலைவில் அமைந்துள்ள திரையின்மீது மிகப் பெரிய பிம்பமாக விழுகின்றது. இதில் பிம்பம் தெளிவாகத் தெரிய வேண்டுமானால், அறையை நன்றாக இருட்டாக்க வேண்டும். உபயோகப்படுத்தும் பல்பின் ஒளி சக்தி (Wattage) அதிகமாக இருக்க வேண்டும்.

டயாஸ்கோப் அல்லது மாய விளக்குக் கருவியின் அமைப்பு : இதிலும்ஓர் ஒளி பொருந்திய விளக்கும், அதன் பின்புறம் ஒளியைப் பிரதிபலிக்கக்கூடிய ஒரு குழி ஆடியும் அமைந்துள்ளது. இதற்கு முன்புறம் ஒரே நேர்க்கோட்டில் அமையுமாறு ஒளிக்கதிர்களைத் தொகுக்கக்கூடிய ஒரு தொகுக்கும் லென்சும் L_3 (Condenser lens), அதனையொட்டி நழுவம் தாங்கியும் S, அதனை அடுத்துக் குவிக்கும் லென்சும் L_2 அமைந்துள்ளன.

வேலை செய்யும் விதம் : ஒளிக்கதிர்களானது தொகுக்கும் லென்சினால் தொகுக்கப்பட்டு, நழுவத்தின் வழியாகச் சென்று குவிக்கும் லென்சினால் குவிக்கப்பட்டு, சிறிது தொலைவில் அமைந்துள்ள திரையின்மீது பெரிய அளவில் பிம்பம் விழுகின்றது.

நழுவத்தைத் தலைகீழாக வைத்து நழுவம் தாங்கியில் பொருத்த வேண்டும். நழுவத்தின் பிம்பம் இடவல மாற்றமின்றியும் தோன்றுதல் வேண்டும். திரையில் பிம்பம் தெளிவாகத் தெரிவதற்குக் குவிக்கும் லென்சைச் சரி செய்தல் வேண்டும்

நழுவங்கள்

$3\frac{1}{4}'' \times 3\frac{1}{4}''$ சதுர அளவில் கண்ணாடித் தகடுகளை வெட்டிக்கொண்டு அவற்றின் மீதுபடம் வரைய ஏதுவாக முட்டை வெள்ளையைத் (Egg Albumin) தடவிக்கொண்டு பரப்பைச் சொரசொரப்பாக்க வேண்டும். அதன்மீது படத்தை இந்தியா மையினால் வரைந்துகொண்டு, படத்தைப் பாதுகாப்பதற்கு அதன் மீது மேலும் அதே அளவுள்ள கண்ணாடித் தகட்டை வைத்து மூடி, இரண்டு தகடுகளையும் ஒன்றாக இணைத்துக் கட்ட வேண்டும். இதுவே நழுவம் ஆகும்.

ஏதேனும் ஒரு தலைப்பில்வரிசையாகப் பல படங்களை அமைத்து நழுவங்களாகத் தயாரித்துக்கொள்ள வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, நெம்புகோல் தத்துவத்தை விளக்கும் வகையில், ஏறத்தாழப் பதினைந்து நழுவங்களைத் தயாரிக்கலாம். அவற்றைப் பாடம் நடத்தும்போது ஒவ்வொன்றாக மாய விளக்குக் கருவியில் பொருத்தித் திரையில் காட்டலாம். ஒவ்வொரு படத்திற்கும் தேவையான விளக்கத்தைக் கொடுத்த பின்னர் அடுத்த நழுவத்தைத் திரையிடலாம். நழுவங்களைப் பல முறைகளில் ஆசிரியரே தயாரிக்கலாம். நிழற்படத்தைப் பயன்படுத்தியும் நழுவங்களைத் தயாரிக்கலாம். இவற்றிற்கு நிழற்பட நழுவங்கள் (Photographic Slides) என்று பெயர். இவை தற்காலத்தில் $2'' \times 2''$ என்ற அளவில் ஃபோட்டோப் பிலிமில் தயாரிக்கப்படுகின்றன. நழுவங்கள் தயாரிக்கும் பல்வேறு முறைகளைப் பின்னிணைப்பில் காண்க.

35 மில்லி மீட்டர் படச்சுருள் விழ்த்தி (Film Strip Projector)

படச்சுருள் என்பது தீப் பிடிக்காத பிலிமில் 35 மி.மீ. அகலத்திலும், ஓர் அடி முதல் ஐந்து அடிவரை நீளத்திலும் ஒரு தலைப்பின்கீழ் வரிசைக்கிரமமாக அமைக்கப்பட்ட ஒளி புகக்கூடிய வெவ்வேறு படத் தொகுதியாகும். சாதாரணமாக ஒரு

படத்தொகுதியில் இருபது முதல் ஐம்பது படங்கள்வரை அமைந்து இருக்கலாம். இப் படங்கள் அனைத்தும் ஒரு குறிப்பிட்ட தலைப்பில் முழுவதும் ஃபோட்டோப் படங்களாகவோ அல்லது கையால் வரைந்து பின்னர் அப் படங்களைப் ஃபோட்டோ முறையில் அமைந்ததாகவோ, இரண்டும் கலந்தோ அமையலாம். இது நிலைத்த படங்கள் (Still Pictures) வகையைச் சார்ந்தது.

இதில் படங்கள் வெள்ளை, கருப்பு (White and Black) ஆகவோ, வண்ணத்திலோ இருக்கலாம். இப் படங்களை 24 மி. மீ. X 18 மி. மீ. அளவில் ஒரு சட்டமாகவோ (Single Frame), 36 மி. மீ. X 24 மி.மீ. அளவில் இரு கட்டமாகவோ (Double Frame) தயாரிக்கலாம். படங்கள் எந்த வகையைச் சார்ந்திருந்தாலும் பயன்படுத்தும் படச்சுருள் வீழ்த்தி ஒன்றே ஆகும்.

படச்சுருள் வீழ்த்தி

இக் கருவி எளிய தத்துவத்தைக் கொண்டே அமைக்கப் பட்டுள்ளது. இக் கருவியை இயக்குவதும் மிக எளிது. மாய விளக்குக் கருவியின் தத்துவத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டே செயல்படுகின்றது.

இதில் ஒளி பொருந்திய ஒரு விளக்கும், அதன் பின்புறம் ஒளியைப் பிரதிபலிக்கச் செய்யும் ஒரு குழிஆடியும் உள்ளது. இவற்றிற்கு முன்புறம் தொகுக்கும் லென்சும், அதை ஒட்டிப் படச் சுருள் தாங்கியும், அதன் முன்னர்க் குவிக்கும் லென்சும் (Focussing Lens) அமைந்து உள்ளன. பிம்பம் இடவல மாற்றம் இன்றித் திரையில் நேராகத் தோன்ற, படச்சுருளைத் தலைகீழாகப் படச்சுருள் தாங்கியில் பொருத்த வேண்டும். ஒவ்வொரு படத்தையும் நகர்த்துவதற்குப் படச்சுருள் தாங்கியைக் கையினால் இயக்க வேண்டும். சாதாரணமாக ஒரு சட்டத்தை ஒரு நிமிடத்திற்குமேல் நிலையாக வைத்திருத்தல் கூடாது.

படச்சுருளைப் பயன்படுத்தும் விதம் : படச்சுருளுக்கு ஒலிப் பதிவு கிடையாது. ஆனால், சில படச்சுருளுக்குரிய விளக்கங்கள் தனியாக ஒரு நாடாவிலோ தட்டிலோ பதிவு செய்யப்பட்டு அமைக்கப்படலாம். அப்போது அப் படச் சுருளுக்கு ஒலிப்படச் சுருள் (Sound Film Strip) என்றும் சொல்வதுண்டு. பொதுவாக ஒவ்வொரு படச்சுருளுக்கும் ஆசிரியர்க்குதவும் கற்பிக்கும் குறிப்புகள் அடங்கிய விளக்கப் புத்தகம் உண்டு.

படச்சுருளைப் பயன்படுத்தும்போது முதற்படியாக ஆசிரியர் தாம் கற்பிக்கும் பாடத்துடன் நெருங்கிய தொடர்புடைய படச் சுருளைப் பார்த்துத் தேடி எடுக்க வேண்டும். இதற்குப் படச்சுருள் வீழ்த்தியில் போட்டுத்திரையில் பார்த்து, ஒவ்வொரு படத்திற்கும் அச்சிடப்பட்ட புத்தகத்தில் உள்ள விளக்க உரைகளைப் படித்துக் கொண்டு முன்கூட்டியே அறிந்துகொள்ளுதல் வேண்டும்.

மாணவருக்குதவும் வகையில் படச்சுருளின் தலைப்பைப்பற்றி ஒரு சிறு முன்னுரையைக் கொடுத்து மாணவரை ஆயத்தம் செய்தல் வேண்டும். பின்னர் அறையைப் போதிய அளவு இருட் டாக்கிக்கொண்டு, படச்சுருளை இயக்கி, திரையில் படங்கள் ஒவ் வொன்றாகத் தோன்றும்போது, விளக்கவுரைகளைக் கொடுத்தல் வேண்டும். படச்சுருளில் விளக்கங்களும், தலைப்புகளும் இருக்கு மானால் அவற்றை மாணவர் படிப்பதற்குப் போதிய நேரம் கொடுத்தல் வேண்டும். ஒவ்வொரு படத்தையும்பற்றி அறிந்து கொள்ள எவ்வளவு நேரம் தேவையோ அவ்வளவு நேரம் திரையில் நிறுத்துதல் அவசியம்.

இறுதியாகப் படங்கள் அனைத்தையும் காட்டிய பின்னர், நிகழ்ச்சியைப் பாடப் பொருளுடன் தொடர்புபடுத்துதல் வேண்டும். ஆசிரியரே பார்த்த செய்திகளைச் சுருக்கமாகச் சொல் லலாம்; அல்லது வாய்மொழியாக வினாக்கள்மூலம் மாணவர் களைக் கேட்டு அவரது மனதில் நிலைபெறச் செய்யலாம் மறு படியும் பார்த்தல் நன்மை பயக்கும் என்றால், மீண்டும் ஒரு முறை படச்சுருளை இயக்கிக் காட்டலாம்.

நன்மைகள்: 50 படங்களைக்கூடச் சுமார் மூன்று அடி நீள முள்ள படச்சுருளில் அமைத்துவிடுவதால், இப் படச்சுருள்களை மிகச் சுலபமாகச் சேமித்து வைக்கலாம். இவை அதிக இடத்தை அடைத்துக்கொள்வதில்லை; தீப்பிடிக்கவோ. கீழே விழுவதால் உடைந்து விடுவதோ இல்லை. படங்களை எவ்வளவு நேரம் திரையில் நிறுத்த முடியுமோ அவ்வளவு நேரம் நிறுத்தி, பின் விளக்கங்கள் கொடுத்து மேற்கொண்டு செல்லலாம். (ஒரு படம் இரண்டு மூன்று நிமிடங்களுக்குமேல் தொடர்ந்து காட்டினால் மாணவர் அதில் செலுத்தும் கவனம் குறையும்; படச்சுருளின் அந்தப் பாகமும் சூடேறிக் கெடும். வேண்டும்போது முன்னர்க் காட்டப் பட்ட படங்களையும் திரைக்குக் கொண்டு வந்து விளக்கலாம். படச்சுருளின் விலையும் மலிவு. அறிவியல் கற்பிப்பதில் பல தலைப்பு களின்கீழ்ப் படச்சுருள்கள் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளன. ஒளிப்படக்கலை அறிந்த ஆசிரியருக்கு இப் படச்சுருளை எளிதில் தயாரிக்கக்கூட

முடியும். படவீழ்த்தியை இயக்குவதும் எளிது. இதனைப் பயன்படுத்தும்போது அறையை முழுவதும் இருட்டாக்க வேண்டிய அவசியமில்லை; சிறிது வெளிச்சம் இருந்தாலும் திரையில் தெளிவாகத் தெரியும். மாணவர்களும் படம் பார்க்கும்போதே குறிப்புகளைம் எழுதிக்கொள்ளலாம்.

குறைகள் : மற்றத் துணைக் கருவிகளைக்காட்டிலும் பல காரணங்களால் இவை சிறந்து விளங்கினாலும், மாணவரது கவனத்தை ஈர்த்து நிறுத்தக்கூடிய ஒலியும், சலனமும் இல்லாதது பெருங்குறையேயாகும். ஆசிரியரது திறமையின் காரணமாகவே இது சிறந்த துணைக்கருவியாகப் பயன்படுகின்றது.

சலனப்படங்கள் (Motion Pictures)

கல்விப் படங்கள் அனைத்தும் 16 மில்லி மீட்டர் அகலத்திலேயே தயாரிக்கப்படுகின்றன. என்றாலும், அண்மையில் 8 மி.மீ. படங்களும் அதிகமாக உபயோகப்படுத்தப்படுகின்றன. 8 மி.மீ. படங்கள் தயாரிப்பது எளிதானதால், பள்ளியில் நடைபெறும் நிகழ்ச்சிகள் அல்லது உள்ளூரில் நடக்கும் நிகழ்ச்சிகளைப் படமாக்கிப் பயன்படுத்தலாம். சலனப்படங்களிலும் ஒலியுடன் கூடிய படங்களும் (Sound films), ஒலி இன்றி ஊமைப்படங்களும் (Si'ent films) கல்வி கற்பிப்பதில் பயன்படுத்துவதுண்டு. ஊமைப் படங்களுக்குரிய விளக்கத்தை ஆசிரியரே கொடுத்தல் வேண்டும். விளக்கப்படங்களைத் தயாரிக்கும்பொருட்டு, ஆசிரியருக்கு உதவும் வகையில் குறிப்புகளடங்கிய புத்தகங்கள் ஒவ்வோர் ஊமைப் படத்திற்கும் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளன. அதைப் படித்துக்கொண்டு, படத்தையும் வகுப்பிற்குக் காட்டும் முன்னரே ஒருமுறை பார்த்து, வேண்டிய விளக்கத்தைத் தயாரித்துக்கொண்டு படத்தைக் காட்ட ஏற்பாடுகள் செய்ய வேண்டும்.

கல்விப் படங்கள் சிறந்த கல்வி கற்பிக்கும் சாதனங்கள் எனினும், சில ஆசிரியர்கள் தவறான முறையில் இவற்றைப் பயன்படுத்துவதால், எதிர்பார்க்கும் பலன் கிட்டாமல் போகின்றது. பல ஆசிரியர்கள் படக்காட்சியைக் கேளிக்கைக்காகவே பயன்படுத்துகின்றனர். இன்னும் சிலர், ஆசிரியர்கள் இல்லாத குறையைப் போக்கும் சாதனமாக இவற்றைப் பயன்படுத்துகின்றனர். சலனப்படங்கள் ஒரே நேரத்தில் பெரும்பாலானவர்க்குக் கல்வி புகட்டுவதற்குச் சிறந்த சாதனம் என்பதை மறந்துவிடலாகாது. தனிப்பட்ட வேற்றுமைகளைக் கருத்தில் கொண்டு படங்கள் அமைக்கப்படவில்லை. புத்தகங்களைப் போன்றே இதுவும்

ஒரு கல்வி கற்பிக்கும் சாதனமே தவிர, ஆசிரியரை நீக்கிக் கற்பிக்க இயலாது.

அறிவியல் தொடர்பான தலைப்புகளில் பல கல்விப்படங்கள் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளன. கண்ணால் பார்க்க இயலாத நுண்ணிய பொருள்களைப் பெரிதாக்கித் திரையில் காட்டவும், மெதுவாக நடக்கின்ற ஒரு நிகழ்ச்சியினை வேகமாக்கிக் காட்டவும் (Fast Motion Effect), அதே போன்று வேகமாக நடக்கின்ற நிகழ்ச்சியினை மெதுவாக்கிக் காட்டவும் (Slow Motion Effect) படக்காட்சியினால் செய்ய முடியும். உலகத்தில் எங்கோ ஒரு மூலையில் நடைபெறுகின்ற நிகழ்ச்சிகளையும் பள்ளியின் அறையிலேயே கொண்டு வந்து நிறுத்த இயலும். படக்காட்சியினை ஏற்பாடு செய்கின்ற முறையைப் பொறுத்தே எல்லாவிதப் பயன்களையும் அடைய வழி உண்டு.

பயன்படுத்தும் முறை:- 1. முன்கூட்டியே படத்தைப் பார்த்தல் (Previewing the film): படத்தை வரவழைத்தவுடன் முன்கூட்டியே ஆசிரியர் பார்த்தால்தான் அப் படத்தை எந் நிலையில் வகுப்பில் காட்டலாம் என்பதைப்பற்றி அறிந்துகொள்ள இயலும். பாடத்தின் தொடக்க நிலையிலேயோ, பாடம் நடத்தி முடித்தப் பின்னர் இறுதியிலேயோ படக்காட்சியை அமைக்கலாம். படத்தை முன்னரே பார்ப்பதால், படத்தில் காட்டப்படுகின்ற நிகழ்ச்சிகளை அறிந்து அதற்கேற்ற வகையில் மாணவரை ஆயத்தம் செய்ய இயலும். அத்துடன் புதிய செய்திகள் ஏதும் படத்தில் காட்டப்படுவதாயின், அவற்றைப்பற்றிய விளக்கங்களை முன்கூட்டியே சொல்லிவிடலாம். படத்தில் வருகிற புதிய விஞ்ஞான கலைச்சொற்களுக்கு ஏற்ற விளக்கத்தை அளிப்பதற்கும் இயலும் படத்தைப் பார்த்த பின் எந்தவிதத் தொடர்வேலையில் மாணவரை ஈடுபடுத்தலாம் என்பதும் அறிந்துகொள்ள முடியும்.

2. விளக்கப்புத்தகங்களைப் பயன்படுத்துதல் : பொதுவாகச் சலனப்படங்கள் ஒவ்வொன்றிற்கும் விளக்கக் குறிப்புகள் அடங்கிய புத்தகம் உண்டு. ஊமைப் படங்களுக்கு இவ்வகைக் குறிப்பேடுகள் கண்டிப்பாக இருக்கும். இப் புத்தகங்களில் படத்தின் சுருக்கமும், படம் தொடங்கப்படுவதற்கு முன் எவ்வகைச் செயல்களில் ஈடுபடுதல் வேண்டும் எனவும், தொடர் நிகழ்ச்சிகள் எவ் வகையில் அமைய வேண்டும் என்ற விளக்கமும். பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள புதிய கலைச்சொற்களைப் பற்றிய விவரமும் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும். ஆகவே, இவற்

றைச் சரிவரப் படித்துக்கொண்டால், இரண்டாம் முறையும் படத்தைப் பார்த்துக்கொள்ள வேண்டிய அவசியம் நேராது.

3. படக்காட்சிக்கு மாணவரை ஆயத்தம் செய்தல்: காணப் போகும் படத்தைப்பற்றிய சுருக்கத்தை மாணவருக்கு அறிவித்த பின்னரே படத்தைத் தொடங்குதல் வேண்டும். நேரிடையாகச் சில சோதனைகளைச் செய்த பின்னரே படம் பார்க்க இயலும் என்றால், எல்லாவற்றையும் முடித்துக் கொண்டு படத்தைத் தொடங்குதல் வேண்டும். சில வேளை களில் படத்தின் தலைப்பினைக்கொண்டு சில வினாக்களைத் தொடுத்து, அவற்றிற்கு விடைகாணும் வாயிலாகப் படத்தை அமைக்கலாம்.

4. படத்தைக் காட்டுதல்: படத்தைக் காட்டுவதற்கு முன்னர், படவீழ்த்தியைச் சரிசெய்து. திரையில் விழும் பிம்பத்தைத் தெளிவாக்கித் தயாராக வைத்திருத்தல் வேண்டும். படத் தைக் காட்டும்போது ஊமைப் படமாயின், காட்சிகளுக்கான விளக்கத்தை அவ்வப்போது கொடுத்தல் வேண்டும். மற்ற ஒலிப் படமாயின் மாணவர் முழுவதும் பார்த்தபின், ஆசிரியர் கேள்விகள் கேட்டு மாணவர் தெரிந்துகொண்ட, புரிந்து கொண்ட தகவல்கள் சரியா என்றும் பார்க்க வேண்டும். தேவையானால் மீண்டும் ஒரு முறை படம் முழுவதையுமோ ஒரு சில பகுதிகளையோ போட்டுக் காட்டுதல் வேண்டும்.

5. தொடர்வேலைத் திட்டங்கள் (Follow up Work): படக் காட்சி முடிந்த பின்னர், படக்காட்சியில் பார்த்தவற்றைப் பற்றிய விவாதத்தில் மாணவரை ஈடுபடுத்த வேண்டும். ஒரு சிறு சோதனை ஒன்று நடத்தி மாணவர்கள் எந்த அளவிற்குப் படத்தைக் கண்டு புரிந்துகொண்டார்கள் என்பதை அறியலாம். ஆசிரியரே பார்த்த படத்தின் சுருக் கத்தைக் கரும்பலகையில் எழுதித் தொகுத்து அமைக்கலாம். சில சோதனைகள் படக் காட்சியில் செய்யப்பட்டு, சில முடிவுகள் காணப்பட்டால், படக் காட்சி முடிந்தபின்னர் அச் சோதனைகளைச் செய்து, அதே போன்ற முடிவுகள் ஏற்படு கின்றனவா என்று கண்டறியலாம்.

படங்களைத் தேர்ந்தெடுக்கும் முறை: சலனப்படங்களின் விலை மிக அதிகம். அவை பள்ளியில் நிரந்தரமாக வைக்கக் கூடியவை ஆதலின், அவற்றில் அதிக பணத்தை முதலீடு செய்யுமுன், மிகக் கவனத்துடன் தேர்ந்தெடுத்தல் வேண்டும். சில நிறுவனங்களி லிருந்து வாடகைக்குப் படங்கள் வரவழைப்பதுகூட அஞ்சல்

செலவு, வாடகைப்பணம் என்று அதிக பணத்தை விழுங்கி விடும். சில அயல்நாட்டு நிறுவனங்கள் தங்கள் நாடுகளில் தயாரிக்கப்பட்ட கல்விப்படங்களைக் கல்விக்கூடங்களுக்கு வாடகைக் கட்டணமின்றி இனமாகத் தருகின்றன. பள்ளியில் படங்களைப் பெற்று, பின் திரும்பப் படக்காட்சி முடிந்த பின் அனுப்பும் அஞ்சல் செலவினை மட்டும் ஏற்றல் வேண்டும்.

படங்களைக் கடனாகப் பெறுவதற்கு உரிய நிறுவனங்களிடம் உள்ள இருப்புக்கோப்பைப் (Catalogue) பார்த்துப் படங்கள் பள்ளிக்காக வாங்குவதாக இருந்தால், அப்போதும் கம்பெனிகள் தயாரித்துள்ள விலைப்பட்டியலைப் பார்த்தும் மிகக் கவனமாகத் தேர்ந்தெடுத்தல் வேண்டும். இப் பட்டியல்களில் படத்தின் தலைப்புடன் படத்தின் சுருக்கமும், கருப்பா, வெள்ளையா வண்ணப்படமா என்றும், எவ்வளவு நேரம் ஓடுகின்றது என்றும், அதன் விலையும் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும். எனினும், படங்களை வாங்கும்போது முன்கூட்டியே ஒருமுறை பார்த்து (Preview) வாங்குவது நல்லது.

படங்களை வாங்கும்போது கீழ்க்காணும் குறிப்புகளை மனதில் கொள்ள வேண்டும்: 1. படத்தினை உபயோகப்படுத்துவதால் ஏற்படும் பயன்பற்றிச் சிந்தித்தல் வேண்டும். பொதுவாகச் சில படங்கள் மாணவர்கள் புரிந்துகொள்ள இயலாதவாறோ, எளிய கருத்துகளைக் கொண்டவையாகவோ அமையலாம். குறிப்பிட்ட படம் எந்த வகுப்புக்கு ஏற்றது என்று நிறுவனம் சொல்லியிருப்பது சரியாக அமையும் என்று நம்ப முடியாது. சில படங்களில் வருகின்ற காட்சிகள் நமது பள்ளிச் சூழ்நிலைக்கு முற்றிலும் புதியவையாகவோ, அர்த்தமற்றவையாகவோ அமையலாம்.

2. படத்தின் விலை பொருத்தமுடையதுதானா என்று அறிதல் வேண்டும். மாணவர்கள் சாதாரணமாக வகுப்பறைகளில் செய்கின்ற சோதனைகளையே படத்தில் காட்டப்படுகின்றதென்றால், அப் படத்தால் நிச்சயம் பயன் விளையாது. படம் வகுப்பறையில் நடத்துகின்ற விவாதத்தையே கொண்டுள்ளது என்றாலும் நன்மை பயக்காது. சில படங்கள் கண்ணால் காண இயலாத காட்சிகளையும் (Animation), கால வேறுபாட்டைக்கொண்ட காட்சிகளையும் (Time Lapse Photography) சிறிதளவே கொண்டு, பெரும்பாலான நீளத்தை வகுப்பறையில் சாதாரணமாகச் செய்கின்ற எளிய செயல்களைக் கொண்டு அமைந்ததாயின், படத்தின் விலைதான் அதிகமாக இருக்குமே தவிரப் பயன் கிட்டாது. சில படங்களில் காட்சி

களுக்கு வண்ணம் இன்றியமையாததாக அமையலாம் ஆனால், வண்ணப் படங்களின் விலை அதிகம். படத்தில் உள்ள வண்ணம் மாணவரது கவனத்தைக் கவரமட்டுமே பயன்தரும். என்றால் அதிக விலை கொடுத்து வண்ணப் படத்தை வாங்குவதைவிட, அதே போன்ற படத்தைக் குறைந்த விலையில் கருப்பு வெள்ளையில் வாங்கலாம். ஒலிப் படங்களாயின் சிறந்தவையே. ஆனால், கொடுக்கப்பட்டுள்ள விளக்கங்கள் மாணவர் புரிந்துகொள்ளும் நிலையில் இல்லாதபோது, ஒலிப்பகுதியை நிறுத்திவிட்டு ஆசிரியரே விளக்கவுரை கொடுத்தல் அவசியமாகிறது. ஆகவே, பயன்தரும் ஒலிப் படங்களை வாங்குதல் வேண்டும்.

3. படங்கள் சிறந்த தொழில் நுணுக்கங்களைக் கொண்டு அமைதல் வேண்டும். படம் நன்றாகவும், தெளிவாகவும் அமைந்திருத்தல் வேண்டும். படங்கள் இயற்கை வண்ணத்துடன் அமைதல் வேண்டும் ஒலி தெளிவாகவும், பேசுபவரின் குரல் புரியும்படியும் அமைதல் வேண்டும்.

4. படத்தின் கருத்துகள் தவறின்றிச் சரியாக அமைதல் வேண்டும். கருத்துத் தெளிவு இல்லாமல், சில சமயங்களில் ஓரிரு தகவல்களைக் கொண்டு பொதுவான கருத்தை அமைத்தோ, கொள்கை (Theory) நிலையிலுள்ள கருத்துகளை முடிந்த முடிவாகவோ (Fact) விளக்கப்பட்டிருக்கலாம்.

8 மி.மீ. படங்கள்: 8 மி.மீ.காமிராவைக்கொண்டு பள்ளியிலோ உள்ளூரிலோ நடக்கின்ற நிகழ்ச்சிகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு 8 மி.மீ. படங்களைத் தயாரிக்கலாம். இவற்றைத் தயாரிப்பதற்கு முன்னர் நன்கு திட்டமிடல் வேண்டும். என்னென்ன காட்சிகளை அமைத்தல் வேண்டும் என்று வரிசைக்கிரமமாகத் திட்டமிட்டு எழுதிக்கொள்ள வேண்டும். பின் படங்களை அவ்வாறு எடுத்த பின்னர், காட்சிகளைப் பார்த்துத் தேவையானால் பொருந்தாதவற்றை நீக்கி அல்லது மாற்றி மறுபடியும் அதைச் சீரமைத்துப் படமாகத் தயாரிக்கலாம். இவ் வகைப் படங்களுக்கு ஒலி அமைப்பு இல்லையாதலின், ஆசிரியரே விளக்கவுரை கொடுத்தல் வேண்டும். இவ் வகைப் படங்களிலும் ஒரு நாடாப்பதிவுக் கருவி கொண்டு நாடாவில் விளக்கவுரையைப் பதிவு செய்து, அதைப் படத்துடன் இணைத்து ஒலியை உண்டாக்கவும் செய்யலாம்.

துண்டுப்படம் (Loop film): சில கருத்துகளை மாணவரது மனதில் நிலைபெறச் செய்யப் பயிற்சி (Drill) கொடுப்பதற்கு ஒருவகைத் துண்டுப்படங்களையும் பயன்படுத்தலாம். உதாரண

மாக, சில பம்புகளில் வால்வுகளின் நிலையும், அகதகன என்ஜினில் நான்கு அடிகளிலும் (Strokes) பிஸ்டனின் அசைவுகளும், வால்வுகளின் நிலையும், இதயம் வேலை செய்யும் விதமும், இரத்த ஓட்டமும் போன்ற ஒரு சிறு பகுதி வரும் படங்களின் முனைகளைக் கொண்டு இணைத்துப் படவீழ்த்தியில் ஓடச் செய்யும்போது, திரும்பத் திரும்ப அதே காட்சிகள் திரையில் காட்டப் பெறுவதால், மாணவர்களுக்கு அவற்றைப்பற்றிய நிலைத்த அறிவு ஏற்படுகின்றது. இக் காட்சி வரும் பெரிய படங்களிலிருந்து சுமார் 3 முதல் 5 மீட்டர் நீளமுள்ள இப் படக்காட்சியை மட்டும் கத்தரித்து எடுத்து இரண்டு முனைகளையும் ஒட்டி இயக்குதல் வேண்டும்.

கல்விப்படங்கள் : இன்று அறிவியல் கற்பித்தலுக்கேற்ற வகையில் கல்விப்படங்கள் பல தலைப்புகளில் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளன. அண்மையில் அமெரிக்க நாட்டில் புதியதாகத் தயாரிக்கப்பட்ட பொருளியல், வேதியியல், உயிர்நூல், புவியியல், பாட நூல்களில் காணப்படும் தலைப்புகளையொட்டிக் கல்விப்படங்கள் பல தயாரிக்கப்பட்டுள்ளன. கண்ணால் பார்க்க இயலாத அணு மூலகம் (Molecule) போன்றவற்றைக்கூடப் படங்கள் வரைந்து, படத்தொழில் நுணுக்கம் (Animation Technique.) மூலம் படமாக்கித் திரையில் காட்டப்படுகின்றன. இப் புவியைவிட்டு, நிலாவுலகிற்குச் சென்று திரும்பும் பயணத்தையும் படமாக்கியுள்ளனர். கண்ணால் பார்க்க முடிந்தவற்றையும், பார்க்க இயலாதவற்றையும் படமாக்கி, வகுப்பறைகளில் மாணவருக்குக் கற்றலை எளிதாக்கியுள்ளது இச் சலனப்படங்கள்.

வானொலி

வானொலியினால் மனித சமுதாய வளர்ச்சிக்கு எவ்வளவு நன்மை ஏற்பட்டது என்பது வேறு செய்தி ஆனாலும், கல்வித் துறையில் இன்று அது ஒரு புரட்சியை ஏற்படுத்தி வருகின்றது. வானொலியில் செய்திகள் உடனுக்குடன் வெளியிடப்படுவதும், உண்மைச் செய்திகள் மட்டுமே ஒலி பரப்பப்படுவதும், வானொலி மூலமாகப் பேசுபவர், கேட்போரின் மனதில் ஓர் எழுச்சியை ஏற்படுத்த முடியும் என்பதும், மக்களுக்குக் குறைந்த செலவில் கல்வி கற்பிக்க இயலும்என்பதும் மறுப்பதற்கில்லை. இக் காலத்தில் ரேடியோமூலம் உயர்நிலைப் பள்ளிகளுக்கும், தொடக்கநிலைப் பள்ளிகளுக்கும், கல்லூரிகளுக்கும் தனித்தனியே நிகழ்ச்சிகள் ஒதுக்கப்பட்டு, ஒலி பரப்பப்பட்டு வருகின்றன. பள்ளிகளுக்குப் பள்ளி வேலை செய்யும் நாட்களில் வேலை நேரத்திலேயே மாணவர்கள் கேட்டுப் பயனடையும்படி நிகழ்ச்சிகள் ஆண்டின்

தொடக்கத்திலேயே திட்டமிடப்பட்டுச் செயல்படுத்தப்படுகின்றன. நடக்கவிருக்கின்ற நிகழ்ச்சிகளைத் தொகுத்துச் சுருக்கமாக ஒரு புத்தக வாயிலாக, வகுப்புகள் வாரியாக அமைத்துப் பள்ளிகளுக்கு வழங்கப்படுகின்றன. வானொலிப் பேச்சில் என்னென்ன செய்திகள் சொல்லப்பட இருக்கின்றன என்பதைச் சலனப்படங்களைப் போன்று முன்கூட்டியே அறிதல் இயலாது. ஆகவே அதைத் தவிர்க்கும்பொருட்டு வானொலி நிலையத்தார் புத்தக வாயிலாக நடக்கவிருக்கின்ற நிகழ்ச்சியின் சுருக்கத்தினை அறிவிக்கின்றனர்; நிகழ்ச்சி நடைபெறும் நேரத்தினையும், நாளையும் குறித்துத் தனியாக அனுப்புகின்றனர். இந் நிகழ்ச்சிகள் எல்லா வகுப்புகளுக்கும் தனித்தனியாக எல்லாப் பாடங்களுக்கும் நடத்தப்படுகின்றன. ஆகவே, குறிப்பிட்ட நாளில், குறிப்பிட்ட நேரத்திற்குச் சற்று முன்னதாகவே மாணவரை அழைத்து நிகழ்ச்சியைக் கேட்பதற்கென அமைந்துள்ள அறையில் (Auditorium) அமர வைத்து, நடக்கவிருக்கின்ற நிகழ்ச்சி குறித்து, புத்தகத்தில் குறிப்பிட்டுள்ள செய்திகளின் அடிப்படையில் மாணவர்கள் என்னென்ன செய்திகளை அறிதல் வேண்டும், கூர்ந்து கேட்க வேண்டும் என்பதைச் சுருக்கமாக ஆசிரியர் கூற வேண்டும். ஏதாவது கருவிகளை மாணவர்கள் பார்த்து அறிந்திருத்தல் நன்மை பயக்கும் எனின், அக் கருவிகளையும் காண்பிக்கலாம். அல்லது படங்கள் பார்த்தால் பேச்சினைத் தெளிவாக அறிய உதவும் எனின், படங்களைக்காட்டி, வகுப்பில் தொங்கவிடுதலும் நல்லது. குறிப்பிட்ட நேரத்தில் வானொலிப் பெட்டியைத் திறந்து மாணவரைக் கேட்கச் செய்ய வேண்டும். வேண்டுமானால் குறிப்புகளை எடுத்துக்கொள்ளச் சொல்லலாம். பேச்சு முடிந்த பின்னர், இப் பேச்சு மாணவர்கள் படிக்கும் பாடத்திற்கு எவ்விதத் தொடர்புடையது என்ற விவரத்தையும், மாணவர்களுக்குப் புரியாத சில செய்திகள் இருப்பின் அவற்றை விளக்குதலும் வேண்டும். சில நேரத்தில் நாம் எதிர்பார்த்து மாணவரை ஆயத்தம் செய்து வைத்தற்கும், நடந்த நிகழ்ச்சிக்கும் தொடர்பு இல்லாமல் இருக்கலாம். வானொலி மூலம் கல்வி என்பது ஒருவழிக் கல்வி முறையேயாகும் (One Way Gommunication). வானொலி நிகழ்ச்சி நடத்துபவரை ஐயங்கள் கேட்டு வினவ முடியாது. ஐயங்களைத் தீர்த்து வைத்தலிலும், தனிப்பட்ட வேறுபாடுகளை அறிந்து உதவி செய்யவதிலும் ஆசிரியர் பணி சிறக்கிறது. ஆகவே வானொலி. மூலமாகக் கல்வி கற்பித்து ஆசிரியரை நீக்குதல் என்ற பிரச்சினைக்கே இடம் கிடையாது.

நாடாப் பதிவுக் கருவி (Tape-Recorder)

அறிவியல் சம்பந்தமான சிறந்த பேச்சுகள் வானொலியில் இரவு நேரங்களிலோ வார இறுதியிலோ நிகழ்த்தப் பெற

லாம். அந் நிகழ்ச்சிகளை மாணவர்கள் கேட்கும்பொருட்டு நாடாப் பதிவுக் கருவியில் பதிவு செய்துகொண்டு வகுப்பு நேரங்களில் மாணவருக்குப் போட்டுக் கேட்கச் செய்யலாம். பல முறை பதிவு செய்து பின்அழித்துவிட முடியுமாதலால், இது சிறந்த கருவியாகும். அறிவியலில், ஒலியின் பண்புகளான சுரம் (Pitch), உரப்பு (Loudness), தனித்தன்மை (Timbre) போன்றவற்றைக் கற்பிக்கும்போது பல்வேறு இசைக்கருவிகளை இசைத்துப் பதிவு செய்துகொண்டு வகுப்பில் கற்பிக்கப் பயன்படுத்தலாம். மொழிப் பாடங்களில் பேச்சுத் திருத்தமாக அமைவதற்கும் இக் கருவியை அதிக அளவில் உபயோகிக்கலாம்.

செய்திப்பலகை (Bulletin Board)

செய்திப்பலகையில் போடுகின்ற எந்தச் செய்தியும் அல்லது படமும் தன்னகத்தே ஒரு கவர்ச்சியையும், பார்ப்பவர்களைத் தூண்டுந்தன்மை வாய்ந்ததாகவும் அமைதல் வேண்டும். மாணவரது கவனத்தைக் கவரும் வகையில் வண்ணத்துடனும் பெரிய அளவிலும் இருத்தல் வேண்டும். செயல்களை ஏதாவது ஒரு தலைப்பினை மையமாகக் கொண்டு அமைத்தல் வேண்டும். வகுப்பில் செய்த வேலையைத் தொடர்ந்து அமைத்த செய்திகளாகவோ, வேறு அண்மைக்கால நிகழ்ச்சியைக் குறித்தோ அமைக்கலாம். ஆனால், வகுப்பில் செய்த வேலையையோ, பாடப் புத்தகத்தில் உள்ள படங்களையோ கொண்டிருத்தல் அவசியமன்று அடிக்கடி செய்திகளை மாற்றுதல் வேண்டும். அழுக்கடைந்த செய்திகளையும் நெடுநாள் மாற்றாமல், உள்ள செய்திகளையும் உடனே அகற்ற வேண்டும். அடிக்கடி புதிய செய்திகளைப் போடும்போது தான் மாணவர்கள் செய்திப்பலகையைப் பார்க்க ஆர்வம் காட்டுவர். ஆசிரியரே செய்திப்பலகைக்கான ஏற்ற செய்திகளைத் தேர்ந்தெடுப்பதைவிட மாணவர்கள் ஏற்று நடத்துவது சிறப்புடையது.

அறிவியல் கழக உறுப்பினர்கள் இச் செயலை ஏற்று நடத்தலாம். செய்திப்பலகைகளை ஒவ்வொரு வகுப்பிலும் அமைத்தல் வேண்டும். புதிய கருத்துகளைப்பற்றிக் கற்பிக்கும்போது அப் பாடப் பொருள் தொடர்பான படங்கள், செய்திகள் முதலியவற்றை அமைக்கலாம். செய்திப்பலகையில் இடம் முழுவதையும் அடைக்காமல், குறைந்த அளவு செய்திகளை அமைப்பதுதான் கவர்ச்சியைக் கொடுக்கும். செய்திகளுக்குரிய தலைப்புகள் தந்தி மொழியைப்போலச் சுருக்கமாகவும், அழகாகவும் அமைக்கப்படல் வேண்டும்.

செய்திப்பலகையின் அமைப்பு: செய்திப்பலகை கார்க் பலகையினுலோ, 'பிளைவுட்' (Plywood) பலகையினுலோ, லினேலியம் (Linoleum) அட்டையினுலோ ஓரங்களில் சட்டம் அமைக்கப்பட்டுச் செய்யப்படலாம். தேவையாயின், 'பிளைவுட்' பலகைமீது சாக்குத் துணியையோ, வேறு வண்ணத்துணியையோ பரப்பி அமைக்கலாம். இப் பலகையின் நீளம் எவ்வளவு வேண்டுமாஞலும் இருக்கலாம். உயரம் ஒரு மீட்டர் அளவுக்கு மேற்படாமல் இருத்தல் நல்லது. நல்ல வெளிச்சம் உள்ள இடத்தில் பார்வை மட்டத்தில் (Eye level) இப் பலகையினைச் சுவற்றில் பொருத்த வேண்டும்.

பொதுவாகச் செய்திப்பலகையின் பயன், அதில் திட்டமிட்டு அமைக்கப்படும் செய்திகளைப் பொறுத்தே அமையும் எனலாம். பொருள்களைப் போதிய இடம் விட்டு அமைத்தல், கவர்ச்சியான வண்ண அமைப்பு, கருத்தைக் கவரும் சுருக்கமான தலைப்புகள், விளக்கங்கள் போன்றவை நன்கு கவனம் பெற வேண்டும்.

படங்களைப் பயன்படுத்தும் முறை (Pictures)

வகுப்பறையில் காண முடியாத சில பொருள்களைப்பற்றிய படங்கள் கிடைப்பின், அவற்றைக் கற்பித்தலில் சிறப்பாகப் பயன்படுத்த முடியும். அறிவியல் சம்பந்தமான இதழ்களில் அரிய படங்கள் சில சமயங்களில் வெளியிடப்படுகின்றன. எடுத்துக் காட்டாக, அணுகுண்டு வெடித்தவுடன் ஏற்படும் விளைவுகளைக் காட்டும் படங்களையும், நிலாப் பயணம்பற்றிய படங்களையும் தொகுத்து வைக்கலாம். இது போன்ற காணக் கிடைக்காத படங்களைச் சேகரித்து ஒரு கட்டாக (Picture file) அமைத்து வைக்கலாம். பல்வேறு தலைப்புகளாகப் படங்களைப் பிரித்து, ஒவ்வொன்றையும் தனித்தனியாக அதற்குரிய கட்டில் சேகரித்து அமைக்கலாம். படங்களின் முனைகள் மழுங்கி நசுங்காமல் இருக்கும்பொருட்டு, முதலில் படங்களின் ஓரங்களைச் சீராக்கிப் (Trimming) பின் அவற்றை ஓர் அட்டையில் ஒட்டி (Mounting) வைத்துப் பாதுகாத்தல் வேண்டும். இது போன்ற சேகரித்த படங்களைத் தனியாக ஒவ்வொரு மாணவராகப் பார்ப்பதற்கும், அல்லது வகுப்பு முழுவதற்கும் காட்ட வேண்டுமாஞல், 'எபிஸ்கோப்' (Episcope) கருவியையும் அமைத்துப் பெரிய அளவில் காட்டலாம். ஆஞல், எபிஸ்கோப்பை உபயோகித்துக் காட்டும் போது, ஒளிக்கதிர்கள் படங்களில் பட்டுப் பிரதிபலித்துத் திரையில் விழுவதால், அவ்வளவு வெளிச்சமாக (Bright) விழாது. எனவே, அறையை முழுவதும் இருட்டாக்க வேண்டும். சில நேரங்களில் செய்திப்பலகைகளில் இப் படங்களைப் போடலாம்.

விளக்கப்படங்கள் (Charts)

ஆசிரியர்கள் விஞ்ஞானக் கருத்துகளைப்பற்றிக் கற்பிக்கவும், கருவியின் அமைப்பையும், அது செயல்படும் முறையை விளக்கிக் காட்டவும், விளக்கப்படங்களும், குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றப் படங்களும் வரைந்து காட்டுவதைப் பார்க்கலாம். இவை உண்மைப் பொருளை ஒத்திராமல், கருத்துகளை மட்டுமே விளக்கு வதற்கு அவசியமான கோடுகளால் வரையப்பட்ட விளக்கப் படங்களேயாகும். உண்மைப் பொருள்களுடன் இவற்றையும் பயன்படுத்தலாம்.

விளக்கப்படங்களை வகுப்பில் உபயோகிக்கும்போது பெரிய அளவிலேயே தேர்ந்தெடுத்தல் வேண்டும். எல்லாக் கோடுகளும் தெளிவாகவும், அதில் அடங்கியுள்ள விளக்கக் குறிப்புகள் பெரிய அளவிலும் தெரிய வேண்டும். முக்கியமான குறிப்புகளை வலியுறுத்திக் கூற இயற்கையான வண்ண அமைப்பு இருப்பின் சிறந்தது. ஆனால், அழகுபடுத்துவதற்காக வண்ண அமைப்பு இருத்தல் கூடாது. சில விளக்கப்படங்களில் ஆங்காங்கே விளக்கக் குறிப்புகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. பாகங்களின் எண்களை மட்டும் குறித்துள்ள விளக்கப்படங்களைப் பாடத்தினைத் திருப்பும்போது (Review) பயன்படுத்தலாம்.

விளக்கப்படங்கள் வியாபார நிறுவனங்களில் கிடைக்காத போது ஆசிரியர்களே சிறிது முயற்சியுடன் நல்ல அட்டைக் காகிதத்தில் படங்கள் வரைந்துகொள்ளலாம். விளக்கப்படங்களை மாணவர்களும் தயாரித்து ஆசிரியருக்கு உதவலாம்.

கல்விப் பயணங்கள் (Field Trips)

குறிப்பிட்ட எல்லைக்குள் அடங்கிச் சில கருவிகளைக் கொண்டு மட்டும் கற்பிக்கப்படும் வகுப்பறைகள் மாணவருக்குச் சிறந்த அனுபவங்களைக் கொடுக்க மாட்டா. வகுப்பறைக்கு வெளியே உள்ள உலகத்திற்கு அளவே கிடையாது. எவ்வளவோ சிறந்த நேரிடை அனுபவங்கள் மாணவருக்குக் கல்வி கற்பிக்கும் அனுபவங் களாக அமையலாம். ஆகவே, கல்விப் பயணங்கள் என்பவை வகுப்பறைக்கு வெளியே புலன்கள் அனைத்தையும் பயன்படுத்திப் பெறுகின்ற நேரிடை அனுபவங்களே ஆகும். மாணவர்களை வெளியே அழைத்துச் சென்று பல அனுபவங்களையும் கொடுத்து, கல்வி கற்கச் செய்தலே கல்விப் பயணங்களின் நோக்கம். கல்விப் பயணங்களை அமைக்க வேண்டுமாயின், நிறைய பணச் செலவாகும் என்றும், காலம் அதிகம் தேவை என்றும், மாணவரை

அழைத்துச் செல்ல வாகன வசதிகள் இன்றியமையாதவை என்றும் கருத வேண்டியதில்லை. வகுப்பறையை விட்டு வெளியே வந்தவுடனேயே பள்ளியின் வராந்தாவிலேயே அமைந்துள்ள தீ அணைப்பான்கள், பள்ளி உணவு விடுதி, பள்ளி மருந்தகம், விளையாடுமிடத்தில் உள்ள செடி கொடி மரங்கள், பூச்சிகள், பறவைகள், மண் வகைகள், சூரிய ஒளியினால் ஏற்படும் விளைவுகள், சைக்கிள், கார்கள் என எல்லையற்ற பொருள்கள் மாணவருக்குச் சிறந்த நேரிடை அனுபவங்களாக அமையக் காத்துக்கிடக்கின்றன. இவையன்றி நெடுந்தூரம் பயணங்கள் வேறு உள்ளன. கல்விப் பயணங்கள் மாணவருக்குக் கல்வி கற்பிக்கும் இன்பப் பயணங்களாக அமைய வேண்டுமாயின், ஆசிரியர்கள் அவற்றை முன் கூட்டியே திட்டமிட்டுச் செயல்படுத்த வேண்டும்.

கல்விப் பயணங்களின் வகைகள்: 1. பள்ளியின் பிற துறைகளில் உள்ள இடங்களைப் பார்வையிடல்: எடுத்துக்காட்டாக தீ அணைப்பான் எவ்வாறு செயல்படுகிறது என்பதை வகுப்பறைக்கு வெளியே சென்றுதான் காண முடியும். தாவரம், பிராணி போன்ற எல்லா உயிரினங்களின் வளர்ச்சிப் பண்புகளை வகுப்பறையில் உள்ள செயற்கைச் சூழ்நிலையில் அறிவதைவிட, பள்ளித் தோட்டத்திற்குச் சென்று அங்குள்ள தாவரங்களையும், பிராணிகளையும்பற்றி நேரிடையாக அறியலாம். பள்ளி இசைக்கூடத்திற்குச் சென்று ஒலியமைப்புக்காகச் செய்யப்பட்டுள்ள ஏற்பாடுகளைப்பற்றி அறியலாம்.

2. பள்ளிச் சூழ்நிலையில் அமைந்துள்ள இடங்களுக்குப் பயணம் செய்தல்: உள்ளூரில் அண்மையில் அமைந்துள்ள உயிர் காட்சிச் சாலை, பொருட்காட்சிச்சாலை, விவசாயப் பண்ணை, கோழிப் பண்ணை, பால்பண்ணை, சிறு தொழிற்சாலைகள், அனல் மின் நிலையம், வாகனங்களைச் செப்பனிடும் தொழிற்சாலை (Automobile Industry) போன்றவற்றைப் பார்வையிடலாம்.

3. தொலைப் பயணங்கள்: நெடுந்தொலைவில் அமைந்துள்ள அறிவியல் சம்பந்தமான இடங்களுக்குச் சென்று பார்த்துத் தங்கிவரத் திட்டமிடலாம். பிள்ளைகளைத் தனியாக அழைத்துச் செல்வதற்காகப் பேருந்து ஏற்பாடு செய்தல் வேண்டும்.

4. கற்பனை உலா (Imaginary Tour): உண்மையான ஒரு பயணம் மேற்கொண்டால் என்னென்ன திட்டங்கள் மேற்கொள்ள வேண்டும், என்னென்ன பொருள்களைச் சேகரித்தல் வேண்டும், எவ்வாறு பயணம் மேற்கொள்ள வேண்டும், ஆகும் செலவு என்ன என்று விரிவாகத்திட்டமிடல் வேண்டும்.

ஆனால், வகுப்பில் இருந்துகொண்டே பயணத்தில் ஈடுபடுவது போலக் கற்பனை செய்துகொண்டு காணும் இடங்களைச் சலனப்படங்கள், நழுவங்கள், படங்கள், பொருள்கள், அறிக்கைகள், ஒலிப்பதிவுகள்மூலமாக உற்றறியும் அனுபவமே இதில் அடங்கும்.

5. தனிப்பட்ட முறையில் மேற்கொள்ளும் உலா (Individual Trips): பாடங்களில் இருக்கும் அக்கறையினாலோ, எடுத்துக் கொண்ட பயிற்சியின்பொருட்டுப் பொருள்களைச் சேகரிக்கக் கருதியோ மாணவர்கள் தனிப்பட்ட முறையில் பயணங்களை மேற்கொள்ளலாம். எடுத்துக்காட்டாக, மனித வரலாற்றைப் பற்றிப் பயிலும் மாணவரும், தாவரநூல் பயிலும் மாணவரும், புவியியல் (Arthropology) பற்றிப் பயிலும் மாணவரும் தங்களுடைய பாடங்களைக் குறித்துத் தனிப்பட்ட பயணங்களை மேற்கொண்டு பொருள்களைச் சேகரிப்பர்.

பயணங்களால் விளையும் நன்மைகள்: நேரிடையான அனுபவங்களைக் கல்விப் பயணங்கள் மாணவருக்கு அளிக்கின்றன. அறிவியலின் பயன்படு உபயோகத்தை (Pragmatic application) நேரில் காண்கிறார்கள். பொருள்களை அவற்றின் இருப்பிடத்தில் இயற்கைச் சூழலில் காண வாய்ப்பு ஏற்படுகின்றது.

பொருள்கள், மக்கள், இயற்கைச் சூழ்நிலை ஆகிய ஒவ்வொன்றுக்கும் உள்ள நெருங்கிய தொடர்பைக் காணப் பயணங்கள் வழிகோலுகின்றன.

கல்விப் பயணங்களின்போது மாணவரது எல்லாப் புலன்களும் பயன்படுத்தப்படுவதால், பொருள்களைப்பற்றிய முழுமையான அறிவு ஏற்பட இவ்வனுபவம் உதவுகின்றது.

வகுப்பறையை விட்டு வெளியே செல்வோமானால், மாணவர்களுக்குக் கற்றல் அனுபவங்களைக் கொடுக்கும் பல்வேறு நிகழ்ச்சிகளைக் காணலாம்.

கல்விப் பயணங்கள் பலரும் இணைந்து செயல்படும் ஒத்துழைப்புச் சாதனமாக அமைகிறது. இதில் மாணவர்கள் நேரிடையாகப் பங்கேற்பவராகவும், ஆசிரியர்கள் அவர்களுக்குத் துணையாகவும் அமைகின்றனர்.

பயணங்களைத் திட்டமிடுதல்: கல்விப் பயணங்கள் சிறந்த பயனை அளிக்க வேண்டுமாயின்; நன்கு திட்டமிடுதல் அவசியம்.

நினைத்தவுடன் ஏற்பாடு செய்யும் பயணங்கள் எதிர்பார்க்கும் பலனை அளிப்பனவன்று. பாடத்துடன் தொடர்புள்ள இடங்களையே தேர்ந்தெடுத்தல் வேண்டும். திட்டமிடுதலில் பாட சம்பந்தமாகத் திட்டமிடுதலும் (Academic Planning), பயணத்தை மேற்கொண்டு நடைமுறைப்படுத்துவதைத் திட்டமிடுதலுமாக (Administrative Planning) ஒவ்வொரு பகுதியிலும் திட்டமிடல் வேண்டும். திட்டத்தினால் விளையக்கூடிய பயன்களைக் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும். பாடப்பொருளை வேறு எவ்விதத்திலும் கற்பித்தலை விட, நேரிடைப் பயணமே தெளிந்த அறிவைக் கொடுக்கும் என்ற எண்ணமேற்பட்டால்தான் பயணங்களை ஏற்பாடு செய்தல் வேண்டும். என்ன நோக்கத்திற்காகப் பயணம் மேற்கொள்ளப் படுகின்றது என்பதைத் திட்டமாக அறிதல் வேண்டும்.

சாதாரணமாக நெடுந்தொலைவுப் பயணங்களை மேற்கொள்ளுவதைவிடப் பள்ளியிலேயே, பள்ளியைச் சுற்றியுள்ள விளையாட்டிடத்திலேயே பயணங்களை அமைக்கலாம். இதனால் பிரச்சினைகளும் குறைவு. பின்னர்ப் பள்ளியைச் சுற்றிய இடங்களில் பயணம் மேற்கொள்ளலாம். நெடுந்தொலைவுப் பயணங்களால் ஏற்படும் செலவும், நேரமும் பாடப் பொருளுக்கு ஒத்த வகையில் அமைதல் வேண்டும். பயணங்கள் மேற்கொள்ளக் கீழே சில இடங்கள் குறிப்பிடப்பட்டுள்ளன:

பள்ளிக் கட்டடத்தில்: குளிர்ப் பிரதேசமாயின் உஷ்ணமேற்படுத்தும் சாதனம், உஷ்ணப் பிரதேசமாயின் வெப்ப நிலையைக் கட்டுப்படுத்தும் சாதனம் (Air-Conditioner), பள்ளிச் சமையல் கூடமும் மாணவர்கள் விரும்பி உண்ணும் பொருள்களும் - வராந்தாவில் ஏற்பாடு செய்துள்ள தீ அணைப்பான்கள், இசை வகுப்புகளில் இசைக்கருவிகள் - இசை அரங்குகளில் ஒலி பரவும் தன்மைகளும், பிரதிபலிப்பைத் தடுக்கும் சாதனங்களும் - பள்ளி மருந்தகத்தில் உடலைப்பற்றிய நோய்கள்.

பள்ளி மைதானத்தில்: புல்வெளியில் வளரும் செடிகளின் தன்மைகள்-கால நிலைக்கேற்ப மரங்களின் வளர்ச்சியில் ஏற்படும் மாறுதல்கள்-கட்டடத்தைச் சுற்றி மண்ணின் தன்மை-சைக்கிளில் 'கியர்' விகிதம் போன்றவை.

சுற்றுப்புறத்தில்: ஆட்டோமொபைல் பழுது பார்க்கும் இடம்—சுற்றுப்புறத்தில் உள்ள தோட்டங்கள் – தீ அணைக்கும் நிலையம்-மருத்துவ விடுதி-தொலைபேசி நிலையம்—குடிதண்ணீர் சுத்தம் செய்து அனுப்பும் நிலையம்-கழிவுப்பொருள்களை வெளியேற்றும் நிலையம்-கிராமப்புறமாயின் விவசாயம் நடைபெறும் காலத்தில்

செய்யப்படும் நடைமுறைகள்—ஆற்றுநீர்ப் போக்கினுல் ஏற்படும் விளைவுகள், வண்டல் மண் அடித்துச் செல்லப்படுதல் போன்றவை-நகர்ப்புறத்தில் நடைபெறும் சிறிய, பெரிய தொழிற்சாலைகள்-ரேடியோ பழுது பார்க்கும் நிலையம்—ரொட்டி செய்யும் (Bakery) இடங்கள்—பால் பண்ணைகள்-பனிக்கட்டித் தொழிற்சாலை போன் றவை.

தொழிற்சாலைகளைப் பார்வையிட வேண்டியிருப்பின், முன் கூட்டியே எழுதி நிர்வாகத்தினரிடமிருந்து அமைதி பெற வேண்டும். பெரும்பாலும் தொழிற்சாலைகளில் 15 வயதுக்குக் குறைந்த பிள்ளைகளை அனுமதிப்பதில்லை. மாணவரை ஆயத்தம் செய்தற்பொருட்டு. பார்வையிடவிருக்கும் தொழிற்சாலைகளில் நடைபெற்றுவரும் தொழில் சம்பந்தமான விவரங்கள் அடங்கிய குறிப்புகளைச் (Pamphlets) சேகரித்து மாணவருக்குச் சொல்ல லாம். முடியுமாயின், ஆசிரியர் அவ்விடத்திற்குச் சென்று நேரில் பார்த்து வரலாம். இதனுல் பயணத்தை மேற்கொண்டு நடத்திச் செல்லும்போது அவ்விடத்தைப்பற்றிய தெளிவான அறிவும், செல்ல வேண்டிய பாதையும், வேறு செய்ய வேண்டிய முன்னேற் பாடுகள் எல்லாவற்றையும் அறிந்து திட்டமிடலாம். மாணவர். களுக்குச் சென்று பார்க்க இருக்கும் இடங்களைப்பற்றிய குறிப்புகள் அனைத்தையும் பயணத்திற்கு முன்னரே சொல்லி விடுதல் வேண்டும். அவர்களும் குறிப்புப் புத்தகங்களுடனும், தேவையாயின் பைஞுகுலர்களுடனும், தேவையான உடைகளு டனும் தயாராக வருதல் வேண்டும். அண்மையில் சென்று உடனே திரும்புவதாயின், பெற்ருேரின் அனுமதிக் கடிதம் தேவை யில்லை. ஆனுல் வெளியூர் சென்று திரும்புவதாயின், பெற்ருேரின் அனுமதிக் கடிதம் கொண்டு வரும்படி சொல்ல வேண்டும் மேலைநாடுகளில் இவ்வனுமதிக் கடிதத்துடன் பெற்ருேரிடமிருந்து ஓர் உறுதிமொழியும் பெற்றுக்கொள்கிருர்கள். 'வெளிப்பயணங் களின்போது பள்ளி ஆசிரியர்கள் போதிய கவனம் தம் பிள்ளை களின்மீதும் வைப்பார்கள் எனினும், ஏதாவது எதிர்பாராமல் விபத்து நேர்ந்தாலும் பள்ளியையோ, ஆசிரியரையோ பொறுப் பாக்க மாட்டேன்' என்று பெற்ருேர் உறுதியளிக்கின் றனர். முன்கூட்டியே பயணம் புறப்படும் நேரம், பேருந்துக்காடி ஏற்பாடுகள், உணவுக்கான ஏற்பாடுகள், தங்குவதற்கான இடங்கள் முதலியவற்றைத் திட்டமிட்டுச் செய்தல் வேண்டும் பயணங்களின்போது வகுப்பறையில் இருப்பதைவிட மாணவர்கள் சிறிது கட்டுப்பாடில்லாமல் இருப்பதற்கு வழியுண்டு; ஆதலின் போதிய ஆசிரியர்கள் வழி நடத்திச் செல்ல வேண்டும். சாதாரண மாக 20 மாணவருக்கு ஓராசிரியர் என்ற கணக்கில் செல்லலாம்

பயணம் மேற்கொள்ளுதல்: மாணவரை ஒழுங்குபடுத்தி ஆசிரியரின் மேற்பார்வையில் நடத்திச் செல்லவேண்டும். மாணவர்கள் ஆங்காங்குக் காண்பனவற்றைக் குறித்துக்கொள்ள வேண்டும். என்னென்ன முக்கியமான செய்திகளைக் காண வேண்டும் என்பதைச் சில நேரங்களில் பயணத்திற்கு முன்னரே ஆசிரியர் சில குறிப்புகளைக் (Work Sheets) கொடுக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக, மாணவர்கள் சோப்பு தயாரிக்கும் தொழிற்சாலையைப் பார்வையிடச் செல்வதாகக் கொண்டால், அங்கு என்னென்ன செய்திகளைக் காண வேண்டும் என்பதைச் சில வினாக்கள் அமைத்துப் பயிற்சியாகக் கொடுக்கலாம்.

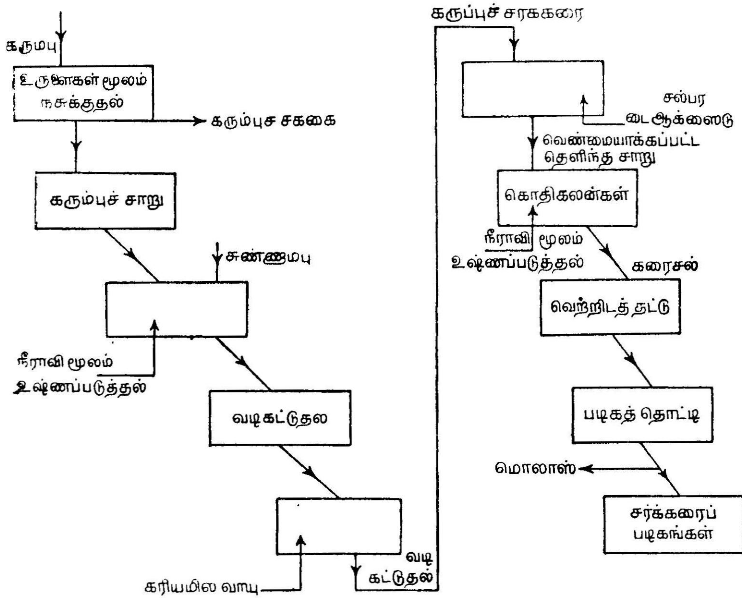
1. சோப்பு எந்தெந்த முறைகளில் தயாரிக்கப்படுகின்றது?
2. நாம் சென்று காணும் இடத்தில் என்ன முறையைக் கையாளுகின்றனர்?
3. சோப்பு தயாரிப்பதற்குத் தேவையான மூலப்பொருள்களாக எவற்றைப் பயன்படுத்துகின்றனர்?
4. குளிக்கும் சோப்புக்கு என்ன இரசாயனப் பொருள்களைச் சேர்க்கின்றனர்?
5. துணி வெளுக்கும் சோப்புக்கு என்ன இரசாயனப் பொருள்களைச் சேர்க்கின்றனர்?
6. என்ன கொழுப்புப் பொருளைப் பயன்படுத்துகின்றனர்?
7. கொழுப்புப் பொருளுடன் எவ்வளவு இரசாயனப் பொருளைச் சேர்க்கின்றனர்? 'சோப்பு ஆக்குதல் மதிப்பு' (Saponification Value) என்றால் என்ன?
8. சோப்பையும், இரசாயனப் பொருளையும் சேர்த்துப் பெரிய கெட்டில்களில் எவ்வாறு உஷ்ணப்படுத்துகின்றனர்?
9. உஷ்ணப்படுத்திய பின் என்ன மாற்றம் ஏற்படுகின்றது?
10. இப் பொருள்களுடன் சோடியம் குளோரைடை ஏன் சேர்க்கிறார்கள்?
11. இப்பொழுது கிடைக்கும் விளைபொருள் (Bye Product) என்ன? அதை என்ன செய்கிறார்கள்?
12. மறுபடியும் ஏன் இரசாயனப் பொருளைச் சேர்க்கின்றனர்?
13. சோப்பை எவ்வாறு தனியே பிரித்தெடுக்கிறார்கள்?
14. குளிக்கும் சோப்பு தயாரிக்க வேறு என்னென்ன பொருள்கள் சேர்க்கப்படுகின்றன?

15. குளிர்முறையில் தயாரிப்பதற்கும், உஷ்ணமுறையில் தயாரிப்பதற்கும் உள்ள வேறுபாடு என்ன ?

16. சோப்பு எவ்வாறு அழுக்குகளை நீக்குகிறது ?

ஒரு தொழிற்சாலையைப் பார்வையிட்டுத் திரும்பியிருந்தால், அந் நிறுவனத்தில் நடைபெறும் வேலைகளைப் பகுதி வாரியாகக் காட்டுவதற்கு ஓர் ஓட்டப்படம் (Flow Chart) வரையுமாறு சொல்லலாம். எடுத்துக்காட்டாக, மாணவர் ஒரு சர்க்கரை ஆலையைக் கண்டு திரும்பிய பின் கீழ்க்கண்ட முறையில் ஓர் ஓட்டப்படம் தயாரிக்கலாம்:

சர்க்கரைத் தயாரித்தல்-ஓட்டப் படம்



ஆசிரியரது கடமை : பயணத்தை மேற்கொள்ளும்போது ஆசிரியர் மாணவரை வழி நடத்தி, அனுபவத்தை நன்கு பயன் படுத்துகின்றனரா என்று கவனித்து, மாணவர் கேட்கும் வினாக் களுக்கு மட்டும் பதிலிறுத்தால் போதுமானது. வகுப்பறையைப் போல் ஆசிரியரே எல்லா நேரத்திலும் விளக்கிக்கொண்டிருக்க வேண்டியதில்லை. ஆசிரியர் பயண நிகழ்ச்சிகளில் ஆர்வமுடன் இருத்தல் அவசியம். எதிர்பாராது காணும் நிகழ்ச்சிகளையும்

மாணவர் கவனத்துக்குக் கொண்டு வருதல் வேண்டும். பயணங்கள் எந்தப் பாடத்தின் அடிப்படையில் மேற்கொள்ளப்பட்டாலும், மற்றப் பாடங்களுடன் தொடர்பு ஏற்படும் நிகழ்ச்சி அமையு மாறல், அதைப் பூரணமாகப் பயன்படுத்த வேண்டும். பாடங் களுக்குள் எந்த வகையிலும் ஓர் எல்லை வகுக்கப்படவில்லை என்பதை உணர வேண்டும். ஆசிரியர் ஆர்வத்துடன் நடந்து கொள்வதைப் பார்த்தே மாணவர்கள் ஆர்வத்தையும், பய ணத்தில் ஈடுபாட்டையும் பெறுவர்.

பயணத்தின் முடிவில் தொடர்வேலை (Follow up Work): பயணத்தின் பயனை மாணவர் தொடர்வேலையில் அறிய முடியும். சென்று பார்த்து வந்த செய்திகளைத் தொகுத்து வெளியிட மாணவர்களுக்கு வாயில்களை அமைத்துதவ வேண்டும். கட்டுரை யாகவோ, பேச்சாகவோ வெளியிடுவதில் பயன் சிறிது ஏற்படும் என்றாலும் அதைவிடச் சில செயல்திட்டங்களில் ஈடுபடுவதில்தான் சிறந்த பயன் விளையும். மாதிரி உருவங்களைச் செய்வதுடன் மாணவர்கள் விளக்கப்படங்கள் வரைவதிலும், போஸ்டர்கள் அமைப்பதிலும் ஈடுபடலாம். சேகரித்த பொருள்களையும், வரைந்த படங்களையும் செய்திப்பலகைகளில் வெளியிடலாம். சில நேரங் களில் கண்டவற்றைப் பள்ளியில் சிறு சோதனைகளாக அமைத்துப் பார்க்கலாம். பயணத்தின்போது முடிவு தெரியாத பிரச்சினைகள் தோன்றியிருப்பின், சோதனைகள்மூலமாகவோ, வேறு புத்த கங்கள் (Reference Materials) மூலமாகவோ பிரச்சினைகளைத் தீர்க்க முயலலாம். சில சமயங்களில் முதற்பயணத்திலேற்பட்ட பிரச்சினைகளை இரண்டாம் பயணத்தின்போது தீர்க்கும் வாய்ப்பும் உண்டாகலாம்.

விருப்பப் பயணங்கள்: பயணங்கள் அமைக்க எண்ணற்ற வாய்ப்புகள் இருப்பினும், நேரம் கருதி அடிக்கடி இவ்வனுப வத்தை மாணவருக்குக் கொடுக்க இயலாது. எனினும், விருப்ப முள்ள மாணவர்களை இதில் ஈடுபடுத்தலாம். அறிவியற்கழக மாணவர்களுக்கு விருப்பப் பயணங்களை அறிவியல் கற்பிக்கும் ஆசிரியர்கள் ஏற்படுத்தலாம். வானியல்பற்றி அறிய நடைப் பயணங்கள் (Hiking) ஆர்வம் ஏற்படுத்துபவை மாணவர் களை ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்திற்கு வரச் செய்து, தெருவிளக்கு களும், பிற செயற்கை விளக்குகளும், தொல்லை தராத இடத் திற்குச் சென்று வானில் தோன்றும் நட்சத்திரக் கூட்டங்களையும் காண வாய்ப்பு அளிக்கலாம். இரவு நேரங்களில் மாணவர்கள் வீட்டை விட்டு வெளியே செல்வதும் அவர்களது ஆர்வத்தைத் தூண்டும் செய்கையாகும்.

சில பயிற்சி வேலைகளைச் செய்து முடிப்பதற்கு ஆர்வமுள்ள மாணவர்களை ஈடுபடுத்தலாம்; அவர்கள் சேகரித்து வந்த பொருள்களையும், மேற்கொண்ட சோதனைகளையும் எல்லோரும் அறியும் வண்ணம் செய்திப்பலகைகளில் போடலாம். சாதாரண மாக, தாவர நூல் பாடத்திலும். புவியியல் (Geology) பாடத் திலும் பழம்பொருள்களைச் (Fossils) சேகரிப்பதற்கும், இதர பலவகைத் தாவரங்களைச் சேகரிக்கவும் மாணவரை ஈடுபடுத்த லாம்.

மேலைநாடுகளில் குறிப்பாக அமெரிக்க நாட்டில் உள்ள பல பள்ளிகள் மலைப்பகுதியில் அல்லது வேறு இடங்களில் முகாம் செய் வதற்குகந்த இடங்களைத் (Picnic Spots) தேர்ந்தெடுத்து, பள்ளிக் கெனச் சொந்தமாக நிலம் வாங்கி வைத்து, அங்கு மாணவரை அழைத்துச்சென்று நேரிடையாக இயற்கையைப்பற்றி அறிவதற்கு வாய்ப்புக் கொடுக்கின்றன.

பயணங்களால் விளையும் பிற பயன்கள் : 1. புவியியலைப்பற்றிய அறிவு வளர்வதற்குப் பயணங்கள் சிறந்த அனுபவங்களைக் கொடுக்கின்றன. புவியின் பல்வேறு தன்மைகளுக்கும், மனித வாழ்க்கைக்கும், கால நிலைக்கும், மனிதர்கள் ஈடுபடும் தொழிலுக்கும், செய்திப் போக்குவரத்துக்கும் உள்ள தொடர் பினை அறியப் பயணங்கள் பெரிதும் உதவுகின்றன,

2. கலைகளில் சிறந்த ஓவியக்கலை சிறப்பாக அமைவதற்குப் பயணங்கள் பெரிதும் உதவுகின்றன. இயற்கைக் காட்சி களையும், அழகிய கட்டட அமைப்புகளையும், நெடுந்தொலை வுக்காட்சிகளையும் (Landscape) கற்பனையில் வரைவதற்கும் அடிப்படையான அனுபவங்கள் பயணங்களால் விளைகின்றன.

3. இலக்கியத்தின் ஒரு பகுதியான பயணக்கட்டுரைகள் சிறந்த முறையில் வளர்வதற்குப் பயணங்கள் துணை செய்கின்றன.

பொருட்காட்சி (Museun) :

இயற்கையாகவே மாணவரிடம் பொதிந்து கிடக்கும் கட்டுக் கத்தையும் திரட்டுக்கத்தையும் பயன்படுத்தி மாணவர்களை வெளிப்பயணங்கள் செல்லும்போது சேகரித்த பொருள்களைக் கொணரச் செய்து பள்ளிப் பொருட்காட்சியை அமைக்கலாம். பள்ளியில் பொதுவாக ஒரு பொருட்காட்சி வைப்பதுடன் அறி வியல் துறையின் ஒரு பகுதியாகவும்இதனை அமைக்கலாம்.

பொருட்காட்சியிலுள்ள பொருள்கள் எப்போதும் நிலையாக வைப்பதால், கற்பிக்கும்போது ஏற்படும் ஐயங்களையும், பார்க்க

வேண்டிய பொருளைப்பற்றிய விவரங்களையும் மாணவர்கள் பொருட்காட்சிக்குச் சென்று விளக்கம் பெறலாம். ஆகவே, ஓய்வு நேரத்தில் மாணவர்கள் சென்று தேவையான பொருளின் விவரத்தை அறிய விரும்புவதால், பொருட்காட்சியில் வைக்கப் பட்ட பொருள்களின் அமைப்பும் விவரங்களும் தெளிவாகவும், விரிவாகவும் அமைதல் வேண்டும். சேகரித்தவர் பெயரையும் அப் பொருள் பெற்ற இடத்தையும், நாளையும் குறித்து வைப்பது நல்லது. பொருட்காட்சியில் வைக்கப்பட்ட பொருள்கள் வெளிச்ச மான இடத்தில் வைக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். நகராத அல்லது வேலை செய்யாத பொருளைவிட, வேலை செய்யும் மாதிரி உருவங்களும் (Working Models), வண்ணம் அமைந்துள்ள பொருள்களும் மாணவரது கவனத்தைக் கவருவன. புதிய பொருள்களைச் சேர்க்காவிட்டாலும் பொருட்காட்சியிலுள்ள பொருள்களின் இடங்களை அவ்வப்போது மாற்றி அமைத்துக் கொண்டுவந்தால், புதிய அமைப்பு போன்ற தோற்றம் ஏற் பட்டு, அதிக மக்கள் அடிக்கடி பார்க்க வருவர். ஒரு கருவியில் பல விதத் தத்துவங்களைப் புகுத்திச் செயல்படுத்துவதைவிட, சிறு தத்துவம் ஒன்றினைக் கொண்டு செயல்படுத்துவது சிறந்தது. பொருட்காட்சிக்கு வேண்டிய பொருள்களை மாணவரைக் கொண்டே சில கருவிகளை அமைக்கும்படி செய்யலாம். உயிர் நூலைப் பொறுத்த வரையில் அறிவியல் ஆசிரியர் பொருட்காட் சியில் பொருள்களை எவ்வாறு அடுக்கி வைப்பது என்பதைப் பற்றியும், இறந்த பிராணிகளின், பறவைகளின் உடல்களை எவ்வாறு பஞ்சடைத்து பாதுகாத்து வைப்பது என்பது பற்றியும் பயிற்சி பெற்றிருத்தல் அவசியம். பொருட்காட்சிச்சாலை என்றால் இறந்த பொருள்கள் மட்டுந்தான் வைத்தல் வேண்டும் என்ப தில்லை. தாவரங்களைப் பள்ளியில் தனி அறையிலும் (Green Room), சில பிராணிகளைக் கூண்டிற்குள்ளும் வளர்க்கலாம்.

அறிவியல் கண்காட்சிகள் (Science Exhibitions)

அறிவியல் அறிவு சோதனைகளின் அடிப்படையில் அமைந் தாலும், அறிவியல் பிரிவில் எப்போதும் ஒரு பொருட்காட்சியை அமைத்திருப்பதாலும், அறிவியல் கண்காட்சிகள் பொதுமக்களைக் கவரும் சாதனங்களாக எப்போதும் அமையும். மாணவருக்கு அறிவியல் பாடத்தில் ஆர்வத்தை வளர்க்கும்பொருட்டு ஆண்டுக்கு ஒரு முறை அறிவியல் கண்காட்சியை ஏற்படுத்தலாம். இக் காட்சியினால் ஏற்படும் நன்மைகளாவன:

1. கண்காட்சியில் மாணவர் பெரும்பங்கு கொண்டு சோத னைகளை அமைப்பதாலும், கருவிகளைக் கையாள்வதாலும்,

வருகின்றவர்களுக்கு அக் கருவிகளைப்பற்றி விளக்கிக் கூறுவதாலும் நேரிடையாகப் பயிற்சி பெறுகின்றனர்; அவற்றைப் பற்றிய தெளிவான அறிவையும் பெறுகின்றனர்.

2. அறிவியல் கண்காட்சிகளைப் பார்வையிடப் பொதுமக்களும்' பெற்றோர்களும் வருவதால், அவர்களுக்கும் அறிவியல் அறிவு ஏற்பட வாய்ப்புண்டாகின்றது; பள்ளிக்கும், பெற்றோருக்கும் நெருங்கிய தொடர்பும் ஏற்படுகின்றது.

3. அறிவியல் காட்சி அமைப்பதற்கு ஒவ்வொருவருடைய அறிவும், ஒத்துழைப்பும் தேவையாகின்றது. ஆகவே, மாணவரிடையேயும், ஆசிரியர்களிடையேயும் நெருங்கிய ஒத்துழைப்பு ஏற்படுகிறது.

4. அறிவியற்காட்சிக்காக மாணவர்கள் புதிய கருவிகளையும், சோதனைகளையும் செய்வதற்கு அவர்களிடம் இயற்கையாய் அமைந்த திரட்டூக்கமும், கட்டூக்கமும் பயன்படுகின்றன.

திட்டமிடுதலும், அமைத்தலும் : காட்சிகளை எவ்வளவு நாட்கள் அமைப்பது, எப்போது அமைப்பது என்பதை முடிவு செய்துகொள்ள வேண்டும். பின்னர் என்னென்ன சோதனைகளை வைப்பது என்பதைத் திட்டமிடல் வேண்டும். பொதுவாக அறிவியல் கண்காட்சியில் வைப்பதற்குச் சோதனைகள் அனைத்தையும் இங்கு விவரித்துக் காட்ட இயலாதெனினும், கீழ்க்கண்ட சோதனை வகைகளைக் காட்சிப்பொருள்களாக அமைக்கலாம்:

1. மாயச் சோதனைகள் (Magic Experiments) : மாயக்குழாய், மாய எழுத்துகள், மாயத்தீ, மாய விளக்கு என்று பல வகைப்பட்ட சோதனைகளை அமைக்கலாம். சில சோதனைகள் அமைப்பதற்கான விவரங்கள் பின்னிணைப்பில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

2. அறிவியல் தத்துவங்களை விளக்கும் சோதனைகள்: படிகங்கள் வளர்க்கும் முறை, மின்சாரமணி. மின்முலாம் பூசுதல், தொலைபேசி வேலை செய்யும் விதம், எக்ஸ் கதிர்களை உண்டாக்குதல் போன்ற சோதனைகளை அமைத்துச் செய்து காட்டும்போது, அவற்றின் தத்துவங்களையும் விளக்கிச் சொல்லுதல் வேண்டும்.

3. அறையைச் சுற்றி அறிவியல் சூழ்நிலையை உருவாக்குதல்: அறையைச் சுற்றியுள்ள சுவர்களில் அறிவியல் கருத்துகளை

விளக்கும் வகையில் அமைந்த விளக்கப்படங்களையும், அறிவியல் அறிஞர்களின் படங்களையும் மாட்டலாம்.

4. பொருட்காட்சியில் சேகரித்து வைக்கப்பட்டுள்ள பொருள்களை காட்சிப் பொருள்களாக அமைக்கலாம்; மாதிரி உருவங்களையும் அமைக்கலாம்.

கண்காட்சியில் வைக்கப்படும் பொருள்களுக்கு வேண்டிய தகுதிகள்:

1. சாதாரணமாகச் செயல்படாத மாதிரி உருவங்களைவிட,. வேலை செய்யும் மாதிரி உருவங்கள் (Working Models) பார்ப்போரது கவனத்தை ஈர்க்கும்.
2. பொருள்கள் வண்ணத்துடன் அமைந்தால் கவனத்தைக் கவரும்.
3. காட்சிப் பொருள்கள் நன்குக வெளிச்சமுள்ள இடத்தில் வரிசைக்கிரமமாகப் போதிய இடம்விட்டு வைக்கப்படுதல் வேண்டும்.
4. காட்சிப் பொருள்களுக்கு ஒரே மாதிரியான ஒரே அளவுள்ள அட்டையில் தலைப்புகள் எழுதப்பட்டிருத்தல் வேண்டும் மாயச்சோதனைகள் தவிர, மற்ற அறிவியல் கருத்துகளை விளக்கும் சோதனைகளுக்கு மிகச்சிறிய அளவில் அவை செயல் படுகின்ற முறையினை விளக்கிச் சுருக்கமாக அமைத்தல் வேண்டும்.
5. சிறிய பொருள்களைவிடப் பெரிய அளவில் பொருள்கள் அமைந்திருத்தல் சாலப் பொருந்தும்.
6. வருகின்ற கூட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்தவும், வழி காட்டவும் அம்புக் குறியிட்டுக் காட்டி, வருவதற்கு ஒரு வழியும், போவதற்கு ஒரு வழியுமாக அமைத்தல் வேண்டும்.

மாணவர் பங்கு: கண்காட்சிகளில் மாணவரே பெரும்பங்கு ஏற்பதால், அவர்கள் காட்சியில் அமைக்கப்பட்டுள்ள சோதனைகளை முன்கூட்டியே பலமுறை செய்து பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும். சோதனைகளை நல்ல முறையில் விளக்குவதற்கு ஏற்ற வகையில், கூடியவரை ஒவ்வொரு சோதனைக்கும் ஒருவரைப் பொறுப்பாக நியமிக்கலாம். அவரவர் எவ்வித விளக்கத்தைக் கொடுக்க வேண்டுமெனப் புத்தகங்கள் வாயிலாகவோ ஆசிரியர் வாயிலாகவோ அறிந்து குறிப்புகளைத் தயாரித்துக்கொள்ள வேண்டும்.

மாயச்சோதனைகள் செய்யும்போது கீழ்க்கண்ட குறிப்புகளைக் கவனமாகப் பின்பற்றுதல் வேண்டும்:

1. சோதனைகள் செய்து காட்டும்போது கவனம் முழுவதும் சோதனையில் இருத்தல் வேண்டும். அதே நேரத்தில் பார்ப்பவர்களிடமும் பேசிக்கொண்டே ஆர்வத்தைத் தூண்ட வேண்டும்.

2. என்ன நிகழ்கின்றது என்று அவர்களையே பார்த்தறியச் செய்ய வேண்டும். விளைவுகளை முன்கூட்டியே சொல்லுதல் கூடாது.

3. வெற்றிகரமாகச் சோதனை செய்து முடித்தபின் பார்வையாளர்கள் மீண்டும் செய்யும்படிச் சொல்லலாம். ஆனால், அச் சோதனையை மீண்டும் செய்யாமல் அவர்களைச் சமாளித்து அனுப்ப வேண்டும்.

4. சோதனைகளைப் பலமுறை செய்து பார்த்துச் சரியான முடிவு ஏற்படுகின்றதா என்று அறிந்துகொள்ளுதல் வேண்டும்.

5. ஆயத்தம் செய்யும்போது என்ன தன்மையுள்ள இரசாயன, பொருள்களை எடுத்துக்கொண்டோமோ, அவற்றைச் சோதனை செய்யும்போதும் பயன்படுத்த வேண்டும்.

6. பொதுவாக எவ்வளவு சோதனைகள் அமைக்கப்படுகின்றன என்று கணக்கிடுவதைவிட எத்தகைய சோதனைகள் வைக்கப்பட்டுள்ளன என்று காண வேண்டும். ஏராளமான சோதனைகளை அமைத்து, அவற்றில் சில செயல்படாமல் போவதைவிட, வெற்றியளிக்கும் சோதனைகள் ஒரு சில மட்டுமே அமைத்தாலும், கண்காட்சி பார்ப்பவர் கருத்தைவிட்டு அகலாது.

நினைவுகூர் கருவிகள் (Memory Aids or Mnemonics)

அறிவியல் உண்மைகளையும் (Facts), அறிவியல் தகவல்களையும், மாணவர்தம் மனத்தில் மறக்காமல் நிலைபெறச் செய்ய ஆசிரியர் பல முறைகளைக் கையாளலாம். அறிவியல் உண்மைகளுடன் கவர்ச்சிகரமான தொடர்புகளை ஏற்படுத்திச் சிறு சொற்றொடர்களாக அமைத்து நினைவு ஏற்படுத்தலாம். சில சமயங்களில் அவ்வாறு அமைக்கப்படும் சொற்றொடர்களுக்குப் பொருளே இருக்காது. எடுத்துக்காட்டாக, சில கருவிகள் பின்வருமாறு கொடுக்கப்பட்டுள்ளன:

1. பல உண்மைகளை நினைவில் கொள்ள வேண்டும்போது ஒவ்வொரு வார்த்தைகளின் முதல் எழுத்தைக் கொண்டு ஒரு சொற்றொடராக அமைத்துக்கொண்டுஅதைமட்டும் நினைவில் நிறுத்திப் பின்னர் அதிலிருந்து எல்லா உண்மைகளையும் அறியலாம். இதற்கு 'Acrostics' என்று பெயர்.

உதாரணமாக, ஒளியானது முப்பட்டைக் கண்ணுடி மூலமாக ஏழு வண்ணங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டு, குறிப்பிட்ட வரிசையில் தோன்றுவதைக் கீழ்க்கண்ட முறையில் VIBGYOR என்று நினைவில் கொள்ளலாம்.

Violet
Indigo
Blue
Green — **V I B G Y O R**
Yellow
Orange
Red

இதேபோன்று உயிருள்ள பொருள்களின் தன்மைகளை நினைவுகூர 'Merring' என்ற சொற்றொடரைக்கொண்டால் போதும். இதன் விளக்கம் பின்வருமாறு :

Movement
Excretion
Respiration
Reproduction — **M E R R I N G**
Irritability
Nutrition
Growth

2. சில செய்திகளை எண்ணிக்கைகளாகக் கொண்டு நினைவில் கொள்ளலாம்.

மூன்று: (1) நன்கு இழுத்துக் கட்டப்பட்ட கம்பியில் ஏற்படும் ஒலியின் அதிர்வு மூன்றைப் பொருத்தது.
நீளம்— இழுவிசை— தடிமன்

(2) இசையின் மூன்று பண்புகள்
உரப்பு - வீச்சு- தனித்தன்மை

(3) ஓர் அலையின் மூன்று தன்மைகள்
அதிர்வு – வீச்சு – அலைநீளம்

மூன்று இணை : லென்சுகளாலும், ஆடிகளாலும் தோற்றுவிக்கப்படுகின்ற பிம்பங்களின் தன்மைகள் மூன்று:

நிஜம்	நேரானது	பெரிய அளவு
அல்லது	அல்லது	அல்லது
மாயம்	தலைகீழானது	சிறியது

3. பொதுமைப்படுத்தலும், விலக்கும்

(1) அலோகங்கள் எல்லாம் கடத்தாப் பொருள்கள்—கரியைத் தவிர

(2) எல்லா உலோகங்களும் திடப்பொருள்கள் – பாதரசத்தைத் தவிர

(3) நீர்த்த அமிலங்கள் உலோகங்களுடன் கிரியை புரிந்து ஹைட்ரஜனை வெளித்தள்ளும்—நைட்ரிக் அமிலம் தவிர

இது போன்ற பல எளிய நினைவுகூர் கருவிகளை மாணவர்கள் தயாரித்துக்கொள்ளலாம்.

பயிற்சி வினாக்கள்

1. காட்சிக் கேள்விக் கருவிகள் என்றால் என்ன ? அவை அறிவியல் ஆசிரியருக்கு எவ்வாறு உதவுகின்றன ?

2. பௌதிக, இரசாயனப் பாடங்களில் கரும்பலகையினைப் பயன்படுத்துதல் பற்றிச் சிறு குறிப்பு வரைக.

3. வகுப்பறையில் எந்தெந்தச் சந்தர்ப்பங்களில் கீழ்க்கண்ட காட்சிக் கேள்விக் கருவிகளைப் பயன்படுத்துவீர் ?

(அ) வரையப்பட்ட படம், (ஆ) இயங்கும் மாதிரி உருவம், (இ) படங்கள், (ஈ) வானொலி.

4. அறிவியல் கற்பித்தலில் கல்விப்படங்களின் சிறப்புகள் யாவை ? அறிவியல் படக்காட்சியைக் கற்பித்தலில் எவ்வாறு பயன்படுத்துவீர் ?

5. கல்விப்பயணங்களின் வகைகள் யாவை ? பௌதிக இரசாயனப்பாடம் கற்பித்தலில் இவ்வனுபவத்தை எவ்வாறு திட்டமிட்டுப் பயன்படுத்துவீர் ?

6. அறிவியல் கண்காட்சியை எவ்வாறு ஏற்பாடு செய்வீர்?

7. பயிற்சிக்காக விளக்கப்படம் ஒன்றையும், கையினுல் வரையப்பட்ட நழுவங்கள் சிலவற்றையும், வேலை செய்யும் மாதிரி உருவத்தையும் செய்க.

8. ஏதாவது ஓர் அறிவியல் பாடத்தலைப்பில் செய்திகளைச் செய்திப்பலகை ஒன்றினில் போடுவதற்கு ஆர்வமூட்டும் வகையில் தயாரிக்கவும்.

9. பௌதிக இரசாயனப் பாடப்பகுதிகளில் தயாரிக்கப்பட்ட படச்சுருள்களில் ஏதேனும் ஒன்றினைத் தேர்ந்தெடுத்து அதனை முறையுடன் வகுப்பில் பயன்படுத்துக.

10. ஏதாவது ஒரு வகுப்புப் பாடத்திட்டத்தினையொட்டிப் பள்ளிச் சூழ்நிலையில் சென்று பார்த்துப் பயனடையக் கூடிய இடங்களின் பட்டியலைத் தயாரிக்க.

12. அறிவியல் ஆய்வகம்

அறிவியல் கற்பிப்பதில் ஆய்வகம் சிறந்த இடத்தை வகிக்கின்றது. மாணவர்கள் சிறந்து கற்கப் பள்ளியில் நன்கமைந்த அறிவியல் ஆய்வகம் தேவை. சோதனை செய்யும் திறன்களை மாணவர்கள் வளர்த்துக்கொள்வதற்கும், அறிவியல் மனப்பான்மை பெறுவதற்கும், அறிவியலில் ஆர்வத்தை ஏற்படுத்துவதற்கும் ஆய்வகம் இன்றியமையாதது. அறிவியல் ஆய்வகம் அமைக்கும்போது, தேவைப்படுகின்ற இடவசதியையும், ஆய்வகத்தில் வேண்டிய இணைப்புகளையும் முன்கூட்டியே திட்டமிடுதல் வேண்டும். ஆய்வக அமைப்பைப்பற்றித் திட்டமிடும் குழுவில் பள்ளி நிருவாகத்தினரும், கல்வித்துறை அலுவலர்களும், பொறியியல் நிபுணர்களும், ஆய்வகத்தைப் பயன்படுத்தும் ஆசிரியர்களும் முக்கியமாக இருத்தல் வேண்டும். ஆய்வகம் எனப்படுவது பொதுவாக மாணவர்கள் சோதனைகளை நிகழ்த்தும் இடத்தையே குறிக்கும் என்றாலும், பொருளாதார வசதி படைத்த பள்ளியாயின், அறிவியலுக்கென்றே தனியாக ஒரு பிரிவுக் கட்டடத்தை அமைக்கலாம். அதில் கீழ்க்கண்ட அறைகளை அமைத்தல் வேண்டும்.

1. ஆய்வகங்கள் Laboratories)
2. வகுப்பறைகள் (Classrooms)
3. பொருளைப் பாதுகாக்கும் அறை (Storage Room)
4. ஆயத்த அறை (Preparation Room)
5. இருட்டறை (Dark Room)
6. அறிவியல் ஆசிரியர் அறை (Science Teacher's Room)
7. படக்காட்சி அறை (Projection Room)
8. தனி அறைகள் (Special Rooms for Aquarium, Museum)

ஆய்வக அமைப்பு

பொருளியல், இரசாயனம், உயிர்நூல் ஆகிய பாடப்பிரிவுகளுக்கென்று தனித்தனியாக ஒவ்வோர் ஆய்வகமும், நடுநிலே வகுப்புகளுக்கெனத் தனியாக ஒரு பொது அறிவியல் ஆய்வகமாக மொத்தம் நான்கு ஆய்வகங்கள் அமையலாம். வசதி குறைவாயின், குறைந்தது இரண்டு ஆய்வகங்களாவது இருத்தல் வேண்டும். பொருளியல், உயிர்நூல் ஆகிய பாடங்களுக்கு ஓர் ஆய்வகமும், இரசாயனப் பிரிவுக்கென்று தனியாக ஓர் ஆய்வகமும் அவசியமாகும். இரசாயன ஆய்வகத்திற்கெனத் தனியாக சில வசதிகள் தேவைப்படுவதால், இரசாயன ஆய்வகம் மட்டும் தனியாக அமைவது நல்லது.

இடவசதியும், ஆய்வகச் செய்முறை மேசை அமைப்புகளும்

ஆய்வகத்தில் செய்முறை மேசைகளும் அலமாரிகளும் அடைத்துக்கொள்ளுகின்ற இடப்பரப்பை நீக்கி, எஞ்சியுள்ள பகுதி குறைந்தது ஒரு மாணவனுக்கு 15 ச. அடி வீதம் தேவை. சாதாரணமாக 25 மாணவர்கள் சோதனை செய்வதற்குக் குறைந்தது $40' \times 20'$ அளவுள்ள அறை தேவையாகும்.

செய்முறை மேசைகளே அமைக்கும்போது கீழ்க்கண்ட முறைப்படி திட்டமிட வேண்டும்:

1. மாணவரது மேசை அமைப்புகளேயும், இருக்கை அமைப்புகளேயும் ஆசிரியரைப் பார்த்த வண்ணம் அமைத்தல் வேண்டும். இருபுறமும் மாணவர் நின்று சோதனை செய்வதற்கு வசதியாக அமைந்த மேசைக்குப் பதிலாக, ஒரே புறம் மட்டும் ஆசிரியரைப் பார்த்த முறையில் இருக்குமாறு இருக்கை வசதிகள் (Single Work Table) அமைவது நல்லது, ஆசிரியர் மேற்பார்வையிடவும், அறிவுரை கூறவும் எளிதாக அமையும்.

2. மாணவர் ஆசிரியரை அணுகும்போதோ, ஆசிரியர் மாணவரை அணுகும்போதோ தங்கள் இருப்பிடத்திலிருந்து மிக எளிதாகத் தொடர்பு கொள்ளுமாறு அமைத்தல் வேண்டும்.

3. மாணவர் சோதனை செய்யும் மேசையின் அளவு நான்கு பேர் செய்யக்கூடிய இரட்டிப்பு மேசையாயின் (Double Work Bench) $6' \times 3' \times 2\frac{1}{2}'$ அளவினேயும், இரண்டு பேர் மட்டும் செய்யக்கூடிய மேசையாயின் (Single Work Bench)

5′ × 2′ × 2½′ அளவினையும் கொண்டதாக இருக்கலாம். மேசையின் மேற்பகுதி அமிலம் அரிக்காதவாறு (Acid Resistant) இருத்தல் வேண்டும்.

4. சில விலையுயர்ந்த கருவிகளையும், துல்லியமான கருவிகளையும் பயன்படுத்த வேண்டியுள்ளதால், மேசைகளை நிலையாக ஓர் இடத்தில் பொருத்திவிடுவது நல்லது. கழுவுநீர்த் தொட்டிகளும், எரிவாயுக் குழாய்களும் இம் மேசைகளின்மீது பொருத்த வேண்டுமாயின், இவை நிலையான அமைப்பு கொண்டிருத்தல் வேண்டும்.

5. பயிற்றும் அறை என்று தனியாக இல்லாத இடங்களில் ஆய்வகத்திலேயே செய்து காட்டுவதற்கென ஒரு நீண்ட மேசை அமைப்பு சற்று உயரமான இடத்தில் அமைப்பது நல்லது. இம் மேசையில் நீர் இணைப்பும், எரிவாயு, மின் இணைப்பும் இருத்தல் வேண்டும்.

6. செய்முறை மேசைகளில் டிராயர் வைப்பதால் மாணவர்கள் குப்பைகளைச் சேர்க்கவே செய்வார்கள்.

கழுவுநீர்த் தொட்டிகள் அமைப்பு (Sink)

ஆய்வு மேசைகளின்மீது கழுவுநீர்த் தொட்டிகள் அமைக்க வேண்டுமாயின், அவற்றிலிருந்து வழிந்தோடும் நீரை வெளியேற்றக் கால்வாய்கள் அமைத்தல் வேண்டும். ஆகவே, ஆய்வகம் கட்டப்படு முன்னரே, கழிவுத்தொட்டிகள் ஒவ்வொரு மேசையிலும் பொருத்தப்பட வேண்டுமா, பொதுவான தொட்டிகள் அறையின் ஓரமாகப் பொருத்தலாமா என்று முடிவு செய்துகொள்ள வேண்டும். பொருளியல் ஆய்வகத்திற்குக் கழிவுத் தொட்டிகள் மேசைகளில் அமைக்கப் பெற வேண்டியதில்லை. பொதுவாக அறையின் ஒரு பகுதியில் ஒரு சில தொட்டிகள் அமைத்தால் போதுமானது. ஆனால், இரசாயனப் பகுதிக்குக் கழிவுத் தொட்டிகள் ஒவ்வொரு மேசைமீதும் ஒன்று பொருத்தப்பட வேண்டும். கழிவுநீர்த் தொட்டிகள் மேசைமீது அமைக்கும்போது சில தொல்லைகளும் ஏற்படுகின்றன.

1. மேசையில் உபயோகமாகும் இடத்தைச் சிறிதளவு நீர்த் தொட்டிகள் அடைத்துக்கொள்கின்றன.

2. நீர் வரும் குழாயில் நீர் வேகமாக வரும்போது மேசை முழுவதும் தெறித்து அதன்மீதுள்ள பொருள்கள் வீணாவதற்கு வாய்ப்பு ஏற்படுகிறது.

3. மேசை சமதளமாக அமையாததால், பார்ப்பதற்கும் மேசை அழகான அமைப்பு கொண்டதாயிருக்காது.
4. ஒவ்வொரு மேசைமீதும் அமைப்பதால், அவற்றிற்கு நீர் செல்ல வேண்டிய குழாய் இணைப்புகளும், வெளியேறும் நீர் ஓடக் கால்வாய்கள் அமைப்பதும் பணச்செலவு ஆகும்.
5. மேசைகளை ஒருமுறை அமைத்து விட்ட பின்னர், வேறு முறையில் மாற்றிப் பொருத்த முடியாது.
6. மாணவர்கள் திரவப் பொருள் மட்டுமன்றித் திடப்பொருளையும் சேர்த்துக் கொட்டிவிட்டால், நீர்க்குழாய்கள் அடைபட்டுப் போகும்.

கட்டட அமைப்பு விவரங்கள் (Structural Details)—தரை

ஆய்வகத்திற்குச் சாதாரணமாகச் சிமென்டினால் ஆன தரையே உஷ்ண நாடுகளுக்கு ஏற்றது; அடிக்கடி கழுவி விடலாம். குளிர் நாடுகளில் மரப்பலகையை அமைத்துத் தரை மீது மூடப்படுகின்றது. எதிரொலியைக் கட்டுப்படுத்தும் தன்மை வாய்ந்தது எனினும், அமிலங்கள் ஊற்றப்பட்டாலோ, கரையான்கள் போன்ற பூச்சிகள் இருந்தாலோ, மரத்தினால் மூடப்பட்ட தரை பாதிக்கப்படுமாதலால், அவசியமில்லை.

காற்றோட்டமும், வெளிச்சமும்

அவசரக்காலத்தில் மாணவர்கள் தொல்லையின்றி வெளியேற ஆய்வகத்திற்குக் குறைந்தது இரண்டு கதவுகளாவது இருத்தல் வேண்டும். அவை இரண்டும் அறையின் எதிரெதிர்ப்புறங்களில் வெளியே திறக்குமாறு இருத்தல் வேண்டும். மேலும், இயற்கை வெளிச்சமும். காற்றோட்டமும் ஏற்படப் போதிய அளவு சன்னல்கள் தரையிலிருந்து நான்கு அடி உயரத்திற்குமேல் அமைதல் வேண்டும். வெளிச்சத்திற்குச் சாதாரண ஒளிவிளக்கு களைவிடப் பாதரச ஒளிரும் விளக்குகள் (Florescent Light) ஒரே அளவு வெளிச்சத்தைக் கொடுப்பதாலும், நிழல் விழாது ஆதலாலும், குறைந்த அளவே மின்சக்தியைச் செலவிடுவதாலும் சிறந்தது. ஆனால், இரசாயனப் பரிசோதனைச் சாலையில் அமிலத் தைத் கொண்டு காரத்தை நடுநிலையாக்கல் (Neutralisation) சோதனை செய்யும்போது முடிவு நிலையைக் (End Point) காண நிறமாற்றத்தைச் சரியாகக் கணக்கிட இயலாமல் போகலாம். இவ்வித விளக்குகளை அமைக்கும்போது தொடக்கத்தில் அதிக செலவாகும்; ஆனால் நெடுநாளைப் பயன் உண்டு. சாதாரண இழை விளக்குகள் அமைப்பதாயின், எந்த ஒரு ஸ்விச்சிற்கும் இரண்டுக்கும் மேற்பட்ட விளக்குகள் செயல்படுமாறு அமைத்தல் கூடாது.

நச்சு வாயுக்கள் தயாரிக்கும் இடம் (Fume Cupboards): சூரிய வெப்பம் ஆய்வகத்தை நேரிடையாகத் தாக்காதிருக்கும் பொருட்டு வெப்ப நாடுகளில் ஆய்வகத்தைச் சுற்றி வராந்தா அமைப்பது நல்லது. அவ்வாறு வராந்தா அமைத்தால் அதில் நச்சு வாயுக்கள் தயாரிப்பதற்கேற்ற (Fume Cupboards) ஏற்பாடு செய்யலாம். இரசாயன ஆய்வுக்கூடங்களுக்கு மட்டுமே இவை தேவைப்படுகின்றன. பொதுவாக ஆய்வகத்தில் இரண்டு அறைகளும், தயாரிப்பு அறையில் ஒன்றுமாக அமைத்தல் வேண்டும்.

நீர் இணைப்புகள்

கழுவுநீர்த் தொட்டிகளுக்குத் தண்ணீர் சப்ளை செய்ய, ஆய்வகத்தின் வெளியே உயரமான இடத்தில் தண்ணீர்த் தொட்டி அமைத்தல் வேண்டும். குறைந்தது 5000 லிட்டர் கன அளவு கொள்ளுமாறு நீர்த்தொட்டியை அமைத்தல் வேண்டும். அருகிலுள்ள கிணற்றிலிருந்து நீரை மேலேற்றும் மோட்டார் இணைப்புகளும் இருத்தல் வேண்டும். தண்ணீர்த்தொட்டிலிலிருந்து வரும் நீரைத் தக்க ஈயக் குழாய்கள் (Lead Pipes) மூலம் கழுவுநீர்த் தொட்டிகள் அமைந்த மேசைகளுக்குக் கொண்டு செல்ல வேண்டும். ஒவ்வொரு மேசைக்கும் செல்லும் குழாயின் தொடக்கத்தில் நீரோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்தத் தக்க அடைப்பான் இருத்தல் வேண்டும். கழுவுநீர்த் தொட்டியிலிருந்து வெளியேறும் நீரைக் கால்வாய்களின் (Drains) மூலமாக வெளியேற்றித் தனியாகப் பூமியில் சிதறும்படி செய்தல் வேண்டும். அவ்வாறு அமைக்கப்பட்ட கால்வாய்கள் திறந்து அமைக்கப்பட்டு மேலே ஒரு பலகையால் மூடப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்.

எரிவாயு இணைப்புகள்

கரிவாயு தயாரிப்பதைவிட, தற்காலத்தில் மிகவும் வசதியாகப் பயன்படுத்தப்படும் 'பெட்ரோல் வாயு' (Petrol Gas) சிறந்தது. இதைத் தயாரிக்கும் கருவியை ஆய்வகத்திற்கு வெளியே தனியாக அமைக்கப்பட்ட இடத்தில் தயாரிக்கலாம். அல்லது இடவசதியில்லையாயின், ஆய்வகத்தின் ஒரு மூலையிலோ அமைக்கலாம். இக்கருவியைச் சுற்றிக் கல்நார்த் தட்டிகளால் (Asbestos Sheets) ஒரு மறைவு (Enclosure) அமைத்தல் வேண்டும். இதிலிருந்து வெளிப்படும் வாயுவைக் குழாய்கள்மூலம் ஆய்வக மேசைகளுக்கு எடுத்துச் செல்லலாம். ஒவ்வொரு மேசைக்கும் செல்லும் வாயுவைக் கட்டுப்படுத்த வாயுக்குழாயில் தக்க அடைப்பு (Control) இருத்தல் வேண்டும்.

சாதாரண கரிவாயுவுக்குப் பயன்படுத்தும் 'புன்சன் பர்னரை'யே (Bunsen Burner) இதற்குப் பயன்படுத்தக் கூடாது. பெட்ரோல் வாயுவுக்கெனத் தனியாக அமைப்புக் கொண்ட பர்னரைக் கேட்டு வாங்குதல் வேண்டும்.

பொருளியல் ஆய்வகம்: பொருளியல் கற்பிப்பதற்கெனத் தனியாக ஆய்வகம் ஒன்று அமைத்தால், கீழ்க்கண்ட கருத்துகளை, நினைவில் கொள்ள வேண்டும்:

1. பொருளியல் ஆய்வகத்திற்குரிய ஆய்வு மேசைகளில் கழுவு நீர்த் தொட்டிகள் வேண்டியதில்லை. பொதுவாக ஆய்வகத்தில் சில இடங்களில் நான்கு கழுவுத்தொட்டிகள் அமைக்கலாம். ஆகவே, சமதளமாக அமைந்த மேசைகள் போதுமானவை.

2. ஆய்வுமேசைகளின்மீது வாயுக் குழாய்களும், மின் இணைப்புகளும் இருக்கலாம். ஆனால் உயர்நிலைப் பள்ளி மட்டத்தில் இவற்றிற்கும் அவ்சியமில்லை. உயர்நிலைப் பள்ளியில் கற்பிக்கப்பட்டும் சோதனைகளுக்குப் பெரும்பாலும் 2, 6, 12 Volt மின் இயக்குவிசைக்கு மேல் தேவையிராது. இவற்றிற்கும் சாதாரணமாகச் சேமிப்பு மின்கலங்களையோ (Accumulator), 'Eliminator' போன்றவற்றையோ உபயோகப்படுத்திக் கொள்ளலாம். ஆனால் வாயுக்குழாய் இணைப்புகள் ஒரு சில ஆய்வு மேசைக்காவது செய்யப்பட்டிருக்கலாம்.

3. தராசுகளை வைப்பதற்குச் சுவரின் ஓரங்களில் கடப்பைக் கற்களை அமைத்து, அவற்றின்மீது ஆய்வகத்திலேயே தராசுகளை அமைக்கலாம்.

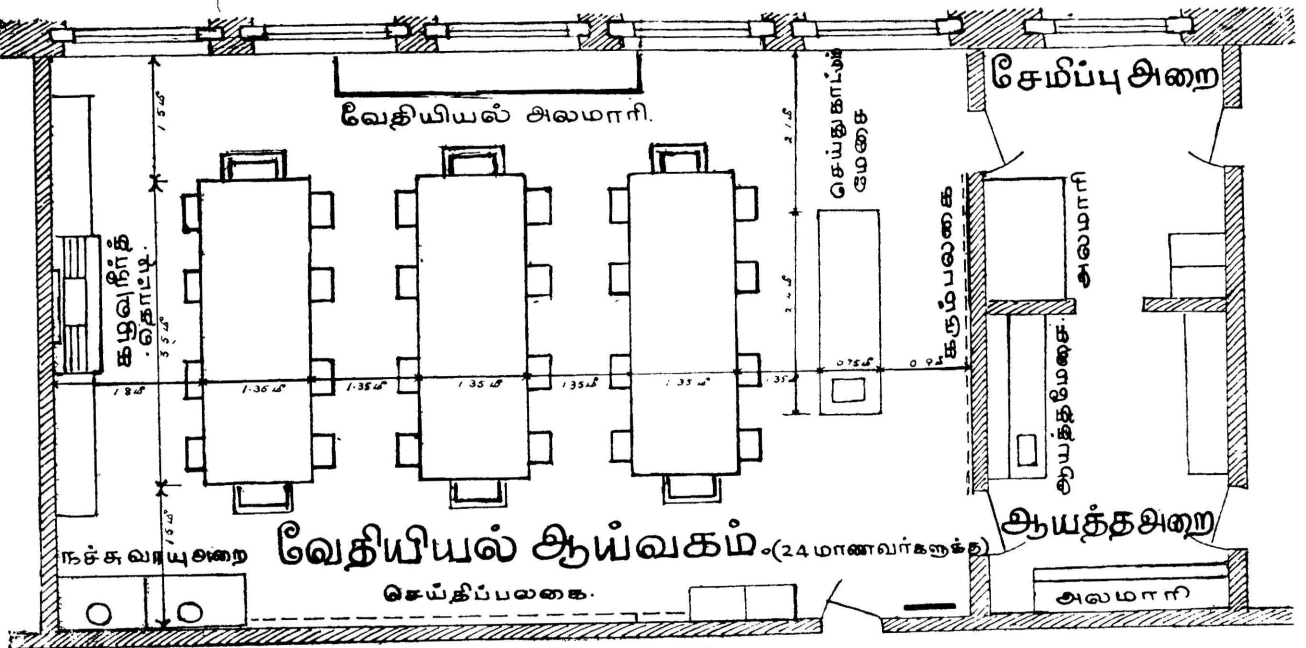
4. செய்து காட்டும் மேசை சற்று உயரமான இடத்தில் அமைத்து, அதில் வாயு, நீர், மின்சார இணைப்புகள் கொடுக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்.

5. மேசைக்குப் பின்னர் சுவரில் பெரிய அளவில் கரும்பலகை ஒன்று அமைத்தல் வேண்டும்.

இரசாயன ஆய்வகம்

இரசாயனப் பாடம் கற்பிப்பதற்கென்று அமையும் ஆய்வகத்தில் கீழ்க்கண்ட கருத்துகளை நினைவில் கொள்ள வேண்டும் :

1. இரசாயன ஆய்வுகளில் அவ்வப்போது சோதனை செய்து உடனடியாகக் கழுவ வேண்டியுள்ளதால், ஆய்வு மேசைகள்



படம் 6

வேதியியல் ஆய்வகம்-தரைப் படம்

ஒவ்வொன்றின் நடுவிலும் கழுவுநீர்த் தொட்டி அமைத்தல் வேண்டும். அவற்றிற்குரிய நீர் இணைப்புகளும் செய்தல் வேண்டும்.

2. வாயு இணைப்பு ஒவ்வொரு மேசையிலும் அமைக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்.

3. அடிக்கடி உபயோகிக்கின்ற அவசியமான இரசாயனப் பொருள்கள், அமிலங்கள், காரங்கள் போன்றவை ஒவ்வொரு வரது மாணவர் இடத்திலும் சிறு போத்தல்களில் (Bottles) ஊற்றி வைத்தல் வேண்டும். சாதாரணமாக இவற்றை அடுக்குத்தட்டில் (Shelf) வைப்பதைவிட ஒரு தட்டில் (Tray) வைப்பது நல்லது. உயரமான அடுக்குத்தட்டில் ஏற்பாடு செய்தால், குறும்பு செய்கின்ற மாணவர்கள் ஆசிரியர் பார்வையிலிருந்து மறைந்து கொள்ள வசதி ஏற்பட்டு விடும்.

4. தேவைப்படுகின்ற இரசாயனப்பொருள்கள்திடப்பொருள்கள் தனியாகவும், திரவப் பொருள்கள் தனியாகவும், உயரமான அடுக்குத்தட்டுகளில் மாணவர்களுக்கு எட்டுகின்ற நிலையில் பொதுவான இடத்தில் ஆய்வக அறையிலேயே வைத்தல் வேண்டும்.

5. இரசாயனத் தராசுகள் நுட்பம் (Sensitive) வாய்ந்தவை. எனவே, அவற்றை இரசாயன ஆய்வகத்தில் வைத்தால், வெளிவருகின்ற நச்சு வாயுக்களினுலும், பிற வாயுக்களினுலும் அவற்றின் நுட்பம் கெட்டுவிடும். ஆகவே, தராசுகள் வைப்ப தற்கென்று தனி அறை (Balance Room) ஒன்று அமைத்தல் வேண்டும்.

6. குளோரின், ஹைட்ரஜன் சல்பைடு, கார்பன் மோனுக்ஸைடு போன்ற நச்சு வாயுக்கள் தயாரித்துச் செய்யப்படுகின்ற சோதனைகளின்போது அவ் வாயுக்கள் விரைவில் வெளியேற, வேளியேற்றும் காற்ருடிகள் (Exhaust Fans) அறையின் மேல் பகுதியில் பக்கத்திற்கு ஒன்ருகக் குறைந்தது இரண்டாவது அமைத்தல் வேண்டும். சன்னல்களும் நிறைந்து காற்ரோட்ட வசதிகள் இருத்தல் வேண்டும்.

7. நச்சு வாயுக்கள் தயாரிக்கும்பொருட்டு ஆய்வக அறையிலேயே செய்யாமல். அறைக்கு வெளியே உள்ள வராந்தாவில் நச்சு வாயுக்கெனத் தனி அறைகள் போன்று

(Fume Cupboards) அமைந்த இடங்களில் தயாரிக்க வேண்டும்.

8. செய்முறை மேசைகளின்மேல் அமிலமோ, வேறு அரிக்கும் தன்மை வாய்ந்த பொருள்களோ பட்டு வீணுகாமல் இருத்தற் பொருட்டு, இவற்றின் மேற்பரப்பு பூசசுகளினுல் தடவப் பட்டிருத்தல் (Acid Proof) வேண்டும்.

9. சற்று உயரத்தில் செய்து காட்டும் மேசையை அமைத்து, அதில் வாயு, தண்ணீர் இணைப்புகள் அமைத்தல் வேண்டும்.

10. இம் மேசைக்குப் பின்னர் பெரிய அளவில் கரும்பலகை ஒன்றினை அமைத்தல் வேண்டும்.

பொருளியல் இரசாயன ஆய்வகம்

இரண்டு பாடங்களுக்கும் பொதுவாக ஓர் ஆய்வகம் அமைக்க விரும்பினுல், இரசாயன ஆய்வகத்திற்குத் தேவையான வசதி களையே அடிப்படையாகக் கொண்டு அமைத்தல் வேண்டும. எல்லா ஆய்வக மேசைகளிலும் கழுவுநீர்த் தொட்டிகள் இருத்தல் வேண்டும்.

ஆயத்த அறை

ஆயத்த அறை என்பது, வகுப்புக்குச் செல்லுமுன் ஆசிரியர் செய்து காட்டுவதற்குத் தேவையான கருவிகளைச் சேகரித்துக் கொண்டு சோதனை செய்து பார்ப்பதற்காகவும், சோதனைச் சாலைகளில் அவ்வப்போது பயன்படக்கூடிய கருவிகளை எடுத்து வைப்பதற்கும், வகுப்பில் நிறைவு பெருத சோதனைகளின் அமைப்பு முதலியவற்றை வைக்கவும் தேவைப்படும் ஒரு மேசை யாகும். ஆகவே, ஆய்வகத்திற்கோ வகுப்பறைக்கோ செல்லும்போது, இது அவற்றிற்குப் பக்கத்தில் இருந்தால் நல்லது. கருவிகளைச் சேர்த்து வைக்கும் அறையும் இதனுடன் இணைந்தும் இருக்கலாம். ஆனுல் பொதுவாக ஆயத்த அறையில் ஒரு நீண்ட மேசையும், அதில் நீர் வசதியும், கழுவுத் தொட்டியும் அமைந்து இருத்தல் வேண்டும்.

வகுப்பறைகளின் அமைப்பு

அறிவியல் கற்பிப்பதற்காகச்.சில சிறப்பு வசதிகளைக் கொண்டு அமைந்த வகுப்பறைகள் தனியாக இருத்தல் நல்லது. இவை கூடிய வரையில் ஆய்வகத்திற்கும் சேமிப்பு அறைக்கும் அண்மையில் அமைக்கப்பட்டிருத்தல் நலம். எத்தனை வகுப் பறைகள் தேவை என்பது பணவசதியையும், அறிவியல் திட்டத்

படம் 7

பொருளியல் வேதியியல் ஆய்வகம்-தரைப்படம்

தையும், அறிவியல் பயிலும் மாணவரின் எண்ணிக்கையையும் பொருத்தது.

பொது அறிவியல் கற்பிக்கும் வகுப்பறைகளில் சோதனை செய்து காண்பிப்பதற்கு ஏற்றாற்போல் சற்று உயரமாக அமைந்த நீண்டதொரு மேசையும், அதில் நீர்க்குழாய், கழுவுநீர்த் தொட்டி, எரிவாயு அமைப்பு போன்றவை அமைக்கப்பட்டு இருத்தல் வேண்டும். இம் மேசைக்குப் பின்புறம் சுவரில் அறையின் அகலத்திற்கு நீண்ட கரும்பலகை ஒன்றும் அமைத்தல் வேண்டும். சோதனை செய்து காட்டும் மேசைக்குமேல் ஒளிவிளக்குகள் கருவிகளைத் தெளிவாகக் காட்டும்வண்ணம் அமைந்திருத்தல் வேண்டும். மாணவர்கள் அமருவதற்கான இடங்கள் 'படிமேடை' (Gallery) அமைப்பு முறையில் இருக்கலாம். தனியாகச் சலனப்படங்களும், நழுவங்களும், பிலிம் சுருள்களும் காட்டுவதற்கு ஏற்றாற்போல் (Projection Room) ஒன்று ஏற்படுத்த இயலாவிடில், இவ் வகுப், பறைகளில் ஏதாவது ஒன்றில் இருட்டாக்குவதற்கான வசதிகள் அமைத்து இருத்தல் வேண்டும்.

இவ் வகுப்பு அறைகளும், கூடியவரை சேமிப்பு அறைக்கும் ஆய்வகத்திற்கும் அண்மையில் அமைவது ஏற்றது. தற்காலத்தில் சோதனைகள் சில செய்து காட்டப்பட்ட பின் உடனடியாகப் பாடக் கருத்துகளைக் கற்பிக்கவும் அல்லது பொதுவான பாடக் கருத்துகளைக் கற்பித்த பின்னர், தொடர்ந்து அதைப்பற்றிய சோதனைகள் செய்யவும் காலத்தை வீணுக்காமல், பாடத்தில் உள்ள ஆர்வத்தினை இழக்காமல் தொடர்ந்து நிலை நிறுத்த வகுப்பறை-சோதனைச்சாலை என்ற அமைப்பு ஏற்படுத்தப்படுகின்றது. இம் முறையில் மாணவர்கள் சிறிது கருத்துப் பொருளைப் படித்த பின்னர் உடனடியாகச் சோதனைகளை அமைப்பதால் கருத்துகள் மனதில் நிலைத்து விடுகின்றன ஒரு பகுதி வழக்கமாய் அமையும் வகுப்பறையாகவும், மறுபகுதி ஆய்வக வசதிகள் அமைந்தும் உள்ளது.

பொருளைச் சேமித்துப் பாதுகாத்து வைக்கும் அறை (Store Room)

எல்லாப் பொருள்களையும் தனியாக ஓர் அறையில் வைத்து, வேண்டும்போது ஆய்வகத்திற்கோ வகுப்புகளுக்கோ எடுத்துச் செல்ல வேண்டுமாயினும், பெரும்பாலான பொருள்களை ஆய்வக அறையிலேயே சேகரித்து வைக்கலாம். இரு சன்னலமைப்புகளுக்கு நடுவில் அலமாரிகளிலோ |மாணவரது செய்முறை மேசைகளின் அடிப்பகுதியில் (Cupboard) அமைகபுளோ இருக்குமாயின், அவற்றிலும் சேகரித்து வைக்கலாம்.

பௌதிகத் தராசுகளைச் சுவரிலிருந்து ஒரு பலகையையோ பலகை போன்ற அமைப்புடைய கல்லினாலோ அமைத்து, அந்த இடத்தில் பௌதிகத் தராசுகளை அமைக்கலாம்.

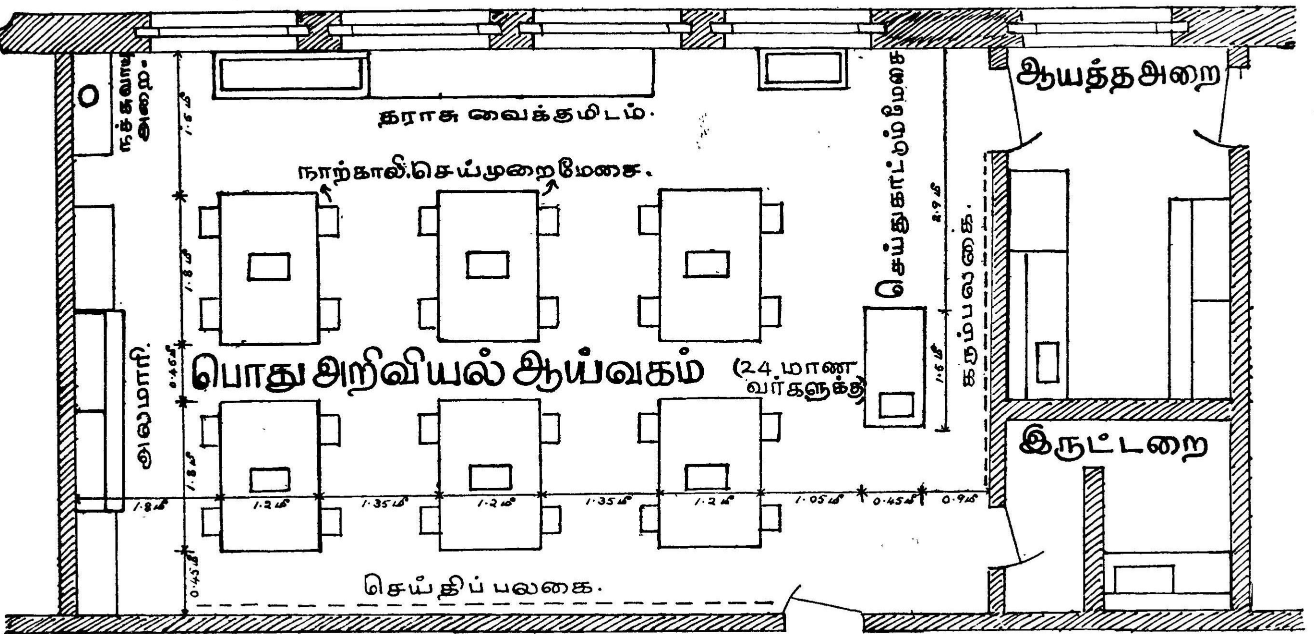
இரசாயனப் பொருள்களைச் சேமித்து வைக்க மட்டும் தனியாக ஒரு சேமிப்பு அறை இருத்தல் நல்லது. இப் பொருள்களிலிருந்து வெளியேறும் நச்சு வாயுக்களும், அரிக்கும் தன்மை வாய்ந்த ஆவிகளும் (Vapour) நுல்லியமான கருவிகளைக் கெடுத்துவிடும். ஆகவே, இதற்கெனத் தனி அறை ஒன்று வைத்து, அவற்றில் அதிக அளவில் உள்ள இரசாயனப் பொருள்களைச் சேமித்து, அங்கிருந்து தேவைப்படும் அளவை மட்டும் அவ்வப்போது ஆய்வகத்திற்கு அனுப்பி வைக்கலாம். இவ்வறையில் பொருள்களை உயர்ந்த இடத்தில் வைக்கும்போது மேலேறி எடுப்பதற்கு உபயோகமாக ஒரு மரப்படி அமைந்த ஏணியைப் பயன்படுத்துதல் வேண்டும்.

நச்சுப் பொருள்களையும், அமிலங்களையும், தீப்பற்றி எரியக் கூடிய பொருள்களையும் தனியாகப் பிரித்து வேறோர் அறையிலோ தனித்தனியாகவோ சேமித்து வைத்தல் வேண்டும். தனி அறையில் வைக்க இயலாவிடில், நச்சுப் பொருள்களை மட்டும் தனி அலமாரியில் நச்சுப்பொருள்கள் அலமாரி (Poison Cupboard) என்றே குறித்து வைத்து, எப்போதும் பூட்டியே வைத்தல் வேண்டும். இதனுடைய சாவி ஆசிரியர் வசமே எப்போதும் இருத்தல் வேண்டும். சில நச்சுப் பொருள்களின் பட்டியலும் தீப்பற்றி எரியக்கூடிய பொருள்களின் பட்டியலும் பின்னிணைப்பில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

இருட்டறை (Dark Room)

நிழற்படக்கலையை வளர்ப்பதற்கும், மாணவருக்கு நிழற் படங்களை உருத்துலக்கிப் படமாக்குவதற்குப் பயிற்சி கொடுக்கவும் தனியாக ஓர் இருட்டறை அவசியமாகும். அறிவியற்கழகம் செயல்படின், இந்த நிழற்படக் கலையை வளர்ப்பதற்கு நல்ல வாய்ப்பு ஏற்படும். இவ்வறை இரண்டு சிறு அறைகளைக்கொண்டு ஆய்வகப் படத்தில் காட்டியதுபோல் அமைய வேண்டும்.

முன் பக்கம் உள்ள அறையைத் திறந்தவுடன் உள்ளே வேலை செய்பவர்களைப் பாதிக்காது இருக்கும்பொருட்டுக் கதவுகள் எதிர் எதிர்ப் பக்கங்களில் அமைதல் வேண்டும். உள் அறையில் உருத் துலக்குதல் (Developing), படம் போடுதல் (Printing), படத்தின் உரு பெருக்குதல் (Enlarging) போன்ற செயல்களுக்கும், வெளி அறையில் படத்தைக் காய வைத்தல், படத்தைச் சரி செய்தல்



படம் 8
பொது அறிவியல் ஆய்வகம்-தரைப் படம்

(24 மாணவர்களுக்கு)

பொருளியல் ஆய்வகம்.

அலமாரி.

கழுவுநீர்த் தொட்டி.

அலமாரி.

செய்திப் பலகை.

செய்துகாட்டும் மேசை.

கரும்பலகை.

மேசை

இருட்டறை

ஆயத்தமேசை

ஆயத்தஅறை

அலமாரி

படம் 9

பொருளியல் ஆய்வகம் — தரைப் படம்

(Trimming and Composing) போன்ற செயல்களையும் செய்யலாம். இவ்வறையின் உஷ்ணநிலை எப்போதும் 68.4 F அளவிலேயே இருத்தல் நலம். ஆகவே, இவ்வறையின் உஷ்ணநிலையைக் கட்டுப் படுத்துவதற்கு ஒரு Air Conditioner ஐ உபயோகப்படுத்தலாம். அல்லது இவ்வறையின் உஷ்ணநிலை பாதிக்கப்படாமல் இருக்க, சூரியனின் கதிர்கள் நேரிடையாகத் தாக்காவண்ணம் உள் பகுதியில் அமைத்தல் நல்லது. இவ்வமைப்பில் படங்களை உருத் துலக்கும்போது உருத்துலக்கியின் உஷ்ணநிலையை 68. F-க்குக் கொண்டு வரப் பனிக் கட்டிகளை உபயோகிக்கலாம்.

இவ்வறையில் எப்போதும் மங்கிய பாதுகாப்பு ஒளி அமைப் புகளும் (Safe Lights), ஒளிக்கதிர் ஊடுருதவாறு அமைந்த அமைப்புகளும் இருத்தல் வேண்டும். நிறைய டிராயர்களுடன் கூடிய நீண்ட மேசையும் மேசையில் ஒரு கழுவுநீர்த் தொட்டியும் அமைத்தல் வேண்டும். புதிய ஃபோட்டோ பிலிம்களையும், பேப்பர் களையும் (Unexposed photo films and papers) உள்ளே வைத்துப் பூட்டவும், இரசாயனப் பொருள்களை ஒளிக்கதிர்கள் ஊடுருத வாறு கறுப்பு அல்லது ‘அம்பர்’ கலர் சீசாக்களில் (Amber Coloured Bottles) சேமித்தும் வைத்தல் வேண்டும். இவ்வறையில் இருக்க வேண்டிய தேவையான கருவிகளையும், இரசாயனப் பொருள்களையும் பட்டியல் செய்து பின்னிணைப்பில் கொடுக்கப்பட் டுள்ளது.

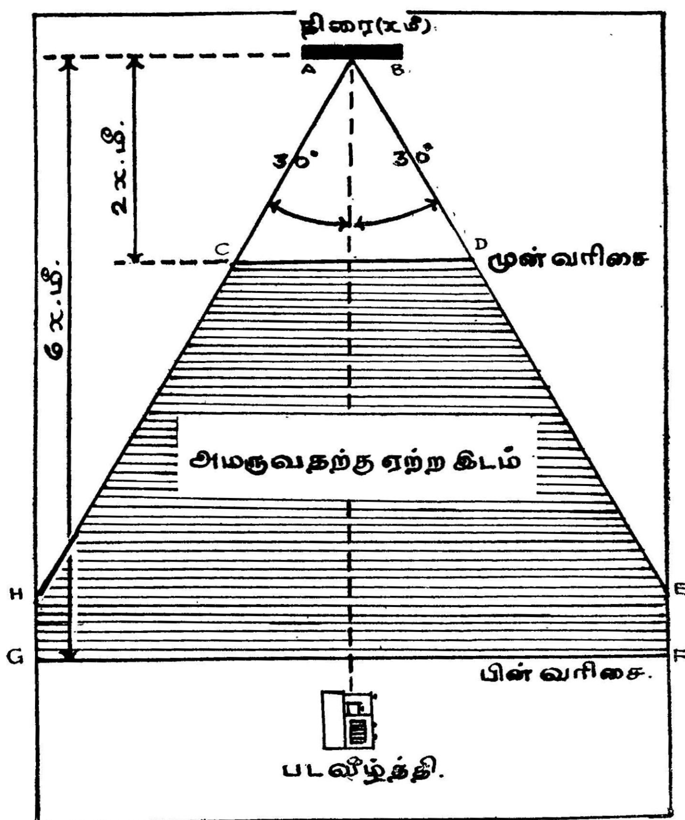
இதர அறைகள்: அறிவியல் கற்பிப்பதற்குச் சாதகமாக மேற்கொண்டும் பொருள் காட்சிக்கென்றும், படக்காட்சிக் கென்றும் சோதனைக்குத் தேவையான தாவரங்கள், உயிரினங்கள் போன்றவற்றைப் பராமரித்து வளர்க்கவும் தனித்தனியாக இடங்கள் அமைத்தல் நல்லது.

படக் காட்சி அறை (Projection Room)

படக்காட்சிக்கென அமைக்கப்பட்ட அறையில் பெரும் பாலும் பகலிலும் படக்காட்சி அமைக்க வேண்டுமாதலின் அறையை இருட்டாக்கத் தேவையான திரைகளும் (Window Blinds), அதே நேரத்தில் காற்றோட்டம் நன்கு அமைத்தற் பொருட்டுக் காற்றை வெளியேற்றும் சுழற்காற்றாடிகளும் (Exhaust Fans) அமைக்கப்பட வேண்டும்.

ஒரு சிறந்த படக்காட்சித் திரை அரங்கு கீழ்க்கண்ட திட்டப் படி அமைதல் வேண்டும். திரை (AB)யின் அகலம் X மீட்டர் எனக் கொண்டால், முதலில் அமைக்கப்பட்டுள்ள வரிசை 2 X

மீட்டர் தூரத்திலும், கடைசியாக அமைக்கப்பட்ட வரிசை 6 X மீட்டர். தூரத்திலும் அமைத்தல் வேண்டும். திரையின் மத்திய பகுதியிலிருந்து இருபுறமும் 30° அளவில் கோடுகள் வரையப்பட்டால், அவை சந்திக்கின்ற இடத்தையும் கருத்தில் கொண்டு, இருக்கைகள் அமைக்க வேண்டிய சிறந்த இடம் CDEFGH என்ற பகுதியே ஆகும். [எல்லாத் திரைகளிலும்



படம் 10

திரையரங்கம்

மிகச் சிறந்தது Beaded Screen. இதனைப் பயன்படுத்தினால் பார்க்கும் கோணம் 30° ஆகும். பிளாஸ்டிக் திரை உபயோகித்தால் பார்க்கும் கோணம் 45° (Matte Screen) ஆக அமையும்.]

பொருட்காட்சி அறை

மாணவர்கள் அவ்வப்போது தயாரிக்கின்ற சில அரிய கருவிகளையும், உயிர்ப்பொருள்களின் தோலைக் கொண்டு பஞ்சால் அடைக்கப்பட்ட மாதிரி உருவங்களையும் (Stuffed Specimens), சில திரவங்களில் கெடாமல் பாதுகாத்து வைக்கப்பட்ட பொருள்களையும் (Wet Specimens), உலர்ந்த முறையில் வைக்கப்பட்ட பொருள்களையும் (Dry Specimens) தனித்தனியாக வகைப்படுத்தி, அவற்றிற்குரிய விளக்கங்களுடன் இவ்வறைகளில் வைக்கப் பெறுதல் வேண்டும்.

உயிர்ப்பொருள் அறை

உயிர்நூல் (Biology) என்பது உயிருள்ள பொருள்களைப்பற்றிப் படிக்கின்ற அறிவியல் பகுதி. ஆனால் இன்று பள்ளிகளிலும், கல்லூரிகளிலும் ஆசிரியர்கள் பல்வகைப்பட்ட உயிரற்ற பொருள்களை வைத்துக்கொண்டே உயிர்நூலைப் பற்றிக் கற்பிப்பது விந்தையான நிகழ்ச்சியாகும். எனவே, உயிர்நூல் பிரிவினைச் சார்ந்த ஆய்வகத்தில் இதற்கெனத் தனியாகச் சில பிராணிகளையும், பறவைகளையும் வளர்க்கக் கூண்டுகளையும், சில செடிகளை வளர்க்க வசதிகளுடன் கூடிய அமைப்புகளையும் ஏற்பாடு செய்தல் வேண்டும்.

ஆசிரியர்கள் அறை

அறிவியல் ஆசிரியர்கள் ஓய்வு நேரத்தைச் சிறந்த முறையில் கழிக்கத் தனியான அறை இருத்தல் அவசியம். இந்த அறையிலேயே அறிவியல் நூல்நிலையத்தையும் அமைத்துக்கொள்ளலாம்.

ஆய்வகத் தேவைப்பட்டியல் தயாரித்தல் (Preparation of Indent)

அறிவியல் கற்பித்தலுக்குக் கருவிகள் இன்றியமையாதன. கருவிகள் எத்தனை தேவை என்பதையும், என்னென்ன தேவை என்பதையும் குறித்து அறிவியல் ஆசிரியர் தயாரித்துக்கொள்வதே தேவைப்பட்டியல் தயாரித்தல் என்பதாகும். இத் தேவைப் பட்டியல் தயாரித்துக்கொள்ளச் சில அடிப்படையான கருத்துகளை மனதில் கொள்ள வேண்டும். பள்ளியின் ஆய்வகம் புதியதாக அமைக்கப்படுவதாயின் முதலில் நாள்தோறும் பாடம் நடத்துவதற்கு இன்றியமையாமல் தேவைப்படும் பீக்கர், லென்சு, சோதனைக்குழாய்கள், பியூரெட், பிப்பெட், அளவுசாடிகள், இரசாயனப் பொருள்கள் போன்ற கருவிகளை அதிக அளவிலும், பின்னர் சில நேரங்களில் மட்டும் பயன்படும் சற்று விலையுயர்ந்த கருவிகளையும், கடைசியாகப் பணம் எஞ்சியிருப்பின் எப்போதாவதுபயன்படுத்தும் விலையுயர்ந்த கருவிகளான பைனகுலர், காமிரா, மைக்

கிராஸ்கோப், தொலைநோக்கி, X-ray போன்றவற்றையும் வாங்க வேண்டும். ஒரு சிலர் கருவிகளின் கணக்கை வைப்பதும், சரிபார்ப்பதும் எளிதாக இருக்கும் என்று எண்ணித் தொடக்கநிலையிலேயே உள்ள ஆய்வகத்திற்கு விலையுயர்ந்த ஒரு சில கருவிகளை மட்டும் வாங்கிப் பணத்தைத் தீர்ப்பது மிகவும் தவறான செயலாகும். முதல் இரண்டு நிலைகளையும் அடைந்த பின்னரே மூன்றாவது நிலைக்குச் செல்லுதல் வேண்டும். இவ்வாறு வேண்டிய கருவிகளின் பட்டியலைத் தயாரித்த பின்னர் ஒவ்வொரு வகையிலும் எத்தனை கருவிகள் தேவை என்பதை நிர்ணயிக்க, கருவிகள் வாங்குவதற்கென ஒதுக்கப்பட்ட பணத்தின் அளவு, தனி ஆள் நடத்தும் பரிசோதனையாக அமைக்கும் சோதனைகள் எவை, சோதனைச் சாலையில் எத்தனை மாணவர் ஒரு நேரத்தில் சோதனை செய்ய இயலும் என்பதன் விவரம், செய்துகாட்டிக் கற்பிக்கும் சோதனைகள் எவை போன்ற விவரங்களைக் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும். புதிதாகத் தொடங்கப்படும் பள்ளிக்கு உடனடியாகப் பல கருவிகள் வாங்க வேண்டியிருப்பதால், மிக அதிகமான மானியத் தொகை வழங்கப்படும். இதைத் தவிர, எல்லாப் பள்ளிகளுக்கும் ஆய்வகக் கருவிகள் ஆண்டுதோறும் வாங்குவதற்கென ஒரு குறிப்பிட்ட தொகை வழங்கப்படும்.

இவ்வாறு ஆண்டுதோறும் கொடுக்கும் தொகையினைச் சிறந்த முறையில் தேவையான பொருள்கள் வாங்கவே பயன்படுத்துதல் வேண்டும். இதற்கான தேவைப்பட்டியலை என்றாவது ஒரு நாள் தயாரிப்பதற்குப் பதிலாக, அறிவியல் கற்பிக்கும் ஆசிரியர்கள் ஒரு சில குறிப்புப் புத்தகத்தைக் கொண்டு சோதனைகள் நடத்தும் போதும், செய்து காட்டும்போதும் தேவைப்படும் பொருள்களை அவ்வப்போது குறித்து வைத்து, அதன் அடிப்படையில் தேவைப் பட்டியலை மிக எளிதாகத் தயாரிக்கலாம்.

பொருள்களை வாங்குவது எப்படி ?

இத் தேவைப் பட்டியலைக் குறைந்தது மூன்று அறிவியற் கருவிகள் விற்பனை செய்யும் கம்பெனிகளுக்கு ஒவ்வொரு கருவியின் முழு விளக்கத்தையும் கொடுத்து அப் பொருள்களின் விலைப்பட்டியல் ஒன்று அனுப்பக் கோரி கேட்க வேண்டும். இவ்வாறு கருவிகளின் முழு விவரத்தை அனுப்புவதற்குச் சில கம்பெனிகள் தயாரித்துள்ள படவிளக்கங்களுடன் கூடிய பட்டியல் (Illustrated Catalogue) ஆசிரியருக்குச் சிறந்த துணை செய்யும். உதாரணமாக, பீக்கர், தர்மாமீட்டர், பிப்பெட், பியூரெட் போன்ற கருவிகள் தேவைப்படும்போது, அவற்றின் அளவுகள் கொடுக்கப்பட்டு விவரமாக விலைப்பட்டியலைக் கேட்க வேண்டும்

அதே போன்று மின்சக்தியினால் இயங்கும் கருவிகள் அனைத்துக்கும் அவற்றின் சரியான அளவீடுகள் குறித்து அனுப்புதல் இன்றியமையாதது.

இவ்வாறு குறைந்தது மூன்று கம்பெனிகளிடமிருந்து வந்த விலைப்பட்டியலை ஒப்பிட்டுப் பார்ப்பதற்கு ஒவ்வொரு பொருளின் விவரத்தையும், ஒவ்வொரு கம்பெனியும் குறிப்பிட்ட விலை விகிதத்தையும் அட்டவணைப்படுத்தவேண்டும். மூன்று விலைகளிலும் எந்தக் கம்பெனி கொடுத்துள்ள விலை குறைவாக இருக்கின்றதோ அதனையே பொதுவாக ஏற்றுக் கொள்ளுதல் வேண்டும். அதற்காக விலை குறைவு எனத் தரம் குறைந்தபொருளையும் வாங்குதல் கூடாது. சாதாரண இரும்பால் ஆன பொருளைவிட எவர்சில்வரினால் ஆன கருவிகள் விலை கூடுதலாக இருக்கும். எனினும், நீண்ட நாள்கள் துருப்பிடிக்காமல் உழைக்கும் என்ற காரணம் கருதி எவர்சில்வரினால் செய்யப்பட்ட பொருள்களை வாங்குதல் வேண்டும். அதே போன்று சமதள ஆடி, லென்சுகள் வாங்கும்போது நன்றாக பிம்பத்தைத் தோற்றுவிக்கின்ற கருவிகளையே வாங்குதல் வேண்டும். பிளாஸ்டிக்கினால் ஆன பொருள்கள் விலை குறைவாக இருக்கும்; ஆனால், கீழே விழுந்து உடைந்து விடும். அதே போன்று பீக்கர், சோதனைக்குழாய் போன்ற கருவிகள் சாதாரணக் கண்ணாடியால் செய்யப்பட்டதைவிட, 'Pyrex or Corning' என்று குறிப்பிட்ட கண்ணாடிச் சாமான்களின் தரமும் உயர்ந்து இருக்கும்; அதே நேரத்தில் இப் பொருள்களை நேரிடையாக உஷ்ணப்படுத்தலாம். ஆனால், சாதாரண கண்ணாடியாலான பொருள்களின் விலையைப்போல் சுமார் நான்கு மடங்கு விலை அதிகம் எனினும், நீடித்த காலம் உழைக்கும் என்பதாலும், அவற்றின் தரமும் மிக உயர்ந்து இருப்பதாலும் இவற்றை வாங்குவது நல்லது. விலை மலிவான சோதனைக்குழாய்கள் மூன்று டஜன் வாங்குவதைவிட Carning சோதனைக்குழாய் ஒரு டஜன் வாங்கினால் போதுமானதாக இருக்கலாம். அதே போன்று இரசாயனப் பொருள்களிலும் 'BDH' போன்ற தொழிற்கூடங்களின் பொருளின் தரம் உயர்ந்ததாக இருக்கும். நீர் உறிஞ்சும் இரசாயனப் பொருள்களையும், கசியும் பொருளையும், எளிதில் ஆவியாகும் பொருள்களையும் நன்றாகச் சீல் வைத்து மூடி அனுப்பும்படி அறிவுறுத்த வேண்டும். இப் பொருள்களைக் குறைந்த அளவு வாங்குவது நல்லது. 0·880 அடர்த்தி எண்ணுள்ள அமோனியா திரவத்தைவிட, 0·960 அடர்த்தி எண்ணுள்ளதையே வாங்குதல் வேண்டும். நிழற்படக் கலைக்குத் தேவையான இரசாயனப் பொருள்கள் மிகவும் சுத்தமாக அமைய வேண்டுமாதலின், அவற்றை வாங்கும்போது நிழற்படப்

பொருள்களை விற்கும் கடைகளில் (Photographic Stores) வாங்குவது சிறந்தது.

அடிக்கடித் தேவையான கருவிகளான இரப்பர் குழாய்கள், இரப்பர் கார்க், மரகார்க் போன்றவற்றைக் குறிப்பிட்ட அளவில் வாங்காமல் பல்வேறு அளவுகளில் (Assorted Sizes) கேட்டு வாங்குவது சிறந்தது. எக் காரணத்தைக் கொண்டும் தரம் குறையாத பொருளாக இருத்தல் வேண்டும். ஆகவே, விலை சற்று அதிகமாக இருந்தாலும், 'கருவிகள் நல்ல தரம் வாய்ந்தவை, நீடித்து உழைப்பவை, துல்லியமான அளவுகளுக்கு ஏற்றவை' என்ற காரணங்கருதி, வாங்குவதற்கு அறிவியல் ஆசிரியர்க்கு அனுமதி உண்டு.

மேற்கண்ட முறைப்படி அனுமதிக்கப்பட்ட பணத்திற்குள் வேண்டுகின்ற கருவிகளைத் தேர்ந்தெடுத்து, உரிய கம்பெனிக்கு உத்தரவு அனுப்புதல் வேண்டும். அவ்வுத்தரவுக்கு ஏற்ப அனுப்பப்பட்ட பொருள்களையும், விலைப்பட்டியலையும், முன்னர்க் கொடுக்கப்பட்டுள்ள தோராய மதிப்பீட்டின்படி (Estimates) ஒத்திருக்கின்றதா என்று காண வேண்டும். பொருள்களின் எண்ணிக்கையும், பட்டியலில் கொடுத்துள்ள வண்ணம் சரியாக இருக்கின்றனவா என்றும், கருவிகள் உடையாமல் பழுதுறுவண்ணம் சிறந்து செயல்படுகின்றனவா என்றும் அறிதல் வேண்டும். இவற்றில் எந்தக் குறை எழுந்தாலும் உடனடியாக உரிய கம்பெனியுடன் தொடர்பு கொண்டு, அப் பொருளின் விலையைக் குறைத்தோ, பொருளைத் திருப்பி அனுப்பி மாற்றுப் பொருள் வாங்குவதற்கோ ஏற்பாடு செய்தல் வேண்டும். பின்னர் இப் பொருள்களை ஆய்வகப் பதிவேடுகளில் குறித்தல் வேண்டும்.

ஆய்வகப் பதிவேடுகள்

பொருள்களைப் பெற்றவுடன் அவற்றைச் சரிபார்த்து அவற்றை அடிக்கடி உடையக்கூடியவையா, நிலையாக உள்ளவையா என்று பிரித்து, அவற்றிற்காக அமைக்கப்பட்டுள்ள பதிவேடுகளில் குறித்தல் வேண்டும். பொதுவாக ஆய்வகங்களில் கீழ்க் கண்ட பதிவேடுகளை வைத்தல் வேண்டும்:

1. வரிசையாகப் பொருள்களைப் பெற்ற பதிவேடு (Accession Register)
2. நிரந்தரமான பொருள்கள் பதிவேடு (Non-Consumable Register.)

3. உடையக்கூடிய பொருள்கள் பதிவேடு (Consumable Register)
4. இரசாயனப் பொருள்கள் பதிவேடு (Chemicals Register)

பதிவேடுகள் அமைக்கும் முறை— 1. பொருள்களைப் பெற்ற பதிவேடு (Accession Register): *அவ்வப்போது கம்பெனிகளிடமிருந்து பொருள்களைப் பெற்றவுடன், எல்லாப் பொருள்களின் பட்டியல் விவரத்தைக் கீழ்க்கண்ட அட்டவணைப்படி குறித்து வைத்தல் வேண்டும். இக் குறிப்பேட்டிலிருந்து ஆண்டிற்கு அனுமதிக்கப்பட்ட தொகை முழுவதும் செலவழிக்கப் பட்டதா என்றும், ஆண்டுதோறும் வாங்கப்பட்ட பொருள் களின் மொத்த மதிப்பு போன்ற விவரங்களை உடனடியாகப் பெற முடியும். இந்தப் பதிவேட்டில் மாதிரிப் படிவம் கீழ்க் கண்டவாறு அமையலாம்.*

வாங்கப் பட்ட தேதி	விற்பனைச் சீட்டின் விவரங் கள்	பொருளின் விவரம்	ஒன்றின் விலை	பொருளின் எண் ணிக்கை	மொத் தம்	எப் பதி வேட்டில் குறிக்கப் பட்டுள் ளது

2. நிரந்தரமான பொருள்களின் பதிவேடு (Non-Consumable Register): *அன்றாட உபயோகத்தில் உள்ள பொருள்களாயினும் எப்போதாவது உபயோகப்படும் பொருள்களாயினும் அவை விலை உயர்ந்த கருவிகளாகவும், உபயோகத்திற்குப் பின்னரும் பாதுகாத்து வைக்கக்கூடிய பொருள்களாகவும் இருக்கு மானால், இந்தப் பதிவேட்டில் குறித்தல் வேண்டும். பெரும் பாலும் உடையக்கூடிய கண்ணாடியாலான பொருள்கள் விவர*

மின்றி இருக்குமானால், இந்தப் பதிவேட்டில் எழுத வேண்டியதில்லை. இதனால் தர்மாமீட்டர், லென்சு போன்றவற்றை இப் பதிவேட்டில் எழுத வேண்டியதில்லை என்று பொருளல்ல. தர்மா மீட்டருக்கும், லென்சுக்கும் ஓர் அளவு உண்டு. ஆகவே, இவை கண்ணாடியாலானாலும், ஒழுங்கான திட்ட வரையறை இருப்பதால், இப் பதிவேட்டில் எழுதுதல் வேண்டும். அம்மீட்டர், வோல்ட்மீட்டர், ஃபோட்டோ காமிரா, ஒளிப்படக் கருவி, தொலைநோக்கி, நீராவி, எஞ்சின் வேலை செய்யும் மாதிரி உருவம், விளக்கப்படங்கள் (Charts) போன்றவை அனைத்தும் இவ்வட்டவணையில் அடங்கும். இவ்வகைக் குறிப்பேடு கீழ்க்கண்ட முறையில் அமைதல் வேண்டும்:

பொருளின் பெயர் ....

விவரம் ....

தேதி	வாங்கிய விவரம்	வாங்கப்பட்ட முறை, கம்பெனியின் பெயர், கருவி, விலை முதலியன	பொருளின் எண்ணிக்கை	உடைந்தது அல்லது நீக்கியது	கையிருப்பு	குறிப்பு ஆசிரியரின் கையெழுத்து

இப் பதிவேட்டில் ஒவ்வொரு பொருளையும் அகர வரிசையில் (Alphabatical Order) எழுதுதல் சிறந்தது. ஏதாவது ஒரு பொருள் உபயோகத்திலிருந்து உடைந்தோ, வீணாகவோ போய்விட்டால், அறிவியல் ஆசிரியரே நீக்குதல் இயலாது. தலைமை ஆசிரியரிடம் உடைந்த பொருளைக் காண்பித்து, பின்னரே அவரது அனுமதிபெற்று, அவ்வுத்தரவின்பேரில் இருப்பி

லிருந்து நீக்க இயலும். ஒவ்வொரு பொருளுக்கும் ஒரு பக்கத்தை விட்டு எழுதுதல் வேண்டும். இவ் வகைப் பதிவேடுகள் நிரந்தரமானவை ஆனதால், நன்ருகக் கட்டமைக்கப்பட்ட (Bound) புத்தகத்தில் எழுதுதல் வேண்டும்.

உடையும் பொருள்கள் பதிவேடு (Consumable Register): ஆய்வகத்தில் சோதனை செய்யும்போது எளிதாக உடைந்து போகின்ற பொருள்களையும், உபயோகித்து வீணுக்கப்படுகின்ற இரசாயனப் பொருள்களின் விவரங்களையும் இப் பதிவேட்டில் எழுதலாம். சோதனைக்குழாய், பீக்கர், பிப்பெட்டு போன்ற எளிதில் உடையக்கூடிய பொருளையும், எல்லா இரசாயனப் பொருள்களையும் இப் பதிவேட்டில் எழுதலாம். இரசாயனப் பொருள்களுக்குமட்டும் தனியாக ஒரு பகுதியை ஒதுக்கிவிட்டு, பின்பகுதியில் மற்ற ஆய்வகக் கருவிகளையும் எழுதி வைக்கலாம். எல்லாப் பொருள்களும் அகர வரிசையில் எழுதப்படுவது சிறந்தது. இப் பதிவேட்டிலும் ஒவ்வொரு பொருளுக்கும் ஒரு பக்கம் விடுவது நல்லது. இதிலுள்ள பொருள்களை அறிவியல் ஆசிரியரே நீக்கலாம். ஆண்டு முழுவதற்கும் செலவாகின்ற இரசாயனப் பொருள்களைக் குறித்துக்கொண்டு ஆண்டில் இறுதியில் மொத்தம் எவ்வளவு குறைக்க வேண்டும் என அறிந்து இப் பதிவேட்டிலிருந்து நீக்கலாம்.

சில கருவிகளைப் பொறுத்த வரையில் அவை உடையும் பொருளா, நிரந்தரமான பொருளா என்பதுபற்றிப் பிரச்சினை ஏற்படலாம். அப் பிரச்சினை எதுவாளுலும், வாங்கிய பொருளை ஏதாவது ஓர் இருப்புப் பதிவேட்டில் குறித்தல் இன்றியமையாதது.

இவற்றைத் தவிர, பள்ளி ஆய்வகத்தில் அறிவியல் ஆசிரியர் பொறுப்பில் இன்னும் சில பொருள்கள் ஒப்படைக்கப்படலாம். உதாரணமாக, காட்சிக் கேள்விக் கருவிகள் (Audio-Visual Aids) பொருளியல் கற்பிக்கும் ஆசிரியர் வசம் கொடுக்கப்படுவதுண்டு. ஆகவே, இக் கருவிகளுக்கெனத் தனியாக நிரந்தரமான பொருள்களில் பதிவேடு ஒன்றும் (Non-Consumable Register) உடையக்கூடிய பொருள்களின் பதிவேடு ஒன்றுமாக வைத்தல் வேண்டும். பொருட்காட்சிக்கென ஒரு தனிப் பதிவேடும், தோட்டவேலை சம்பந்தமான பொருள்களுக்கென ஒரு தனிப் பதிவேடுமாக வைத்தல் வேண்டும்.

இதர பதிவேடுகள்: இரசாயனப் பொருள்களைப் பொருத்த வரையில் அவ்வப்போது இரசாயனப் பொருள்களைச் சேர்த்து வைத்துள்ள அறையிலிருந்து (Store Room for Chemicals) ஆய்வகத்திற்குக் கொடுக்கும்போது, கொடுக்கப்பட்ட அளவினை ஒரு பதிவேட்டில் குறித்துக் கொண்டு, ஆண்டின் இறுதியில் இருப்புப் பதிவேட்டிலிருந்து ஆண்டு முழுவதற்கும் கொடுத்த அளவினைக் குறைத்துக்கொள்ளலாம்.

கருவிகளை உபயோகப்படுத்தும் போதோ, சோதனைக்கு அமைக்கும்போதோ தவறுதலாகவோ உடைந்துபோக வாய்ப்புண்டு. ஆகவே, அவ்வாறு உடைந்துபோன கருவிகளை அவ்வப்போது கீழ்க்கண்ட படிவத்தில் குறித்துக்கொண்டு, ஆண்டின் இறுதியில், தலைமை ஆசிரியரின் அனுமதி பெற்று அவர் பார்வையிட்டபின் ஏலம் விடக்கூடிய பொருளாயின் ஏலம் விட்டு அல்லது ஏலம் விடக்கூட முடியாத நிலையில் உள்ள பொருளைத் தலைமை ஆசிரியரின் அனுமதியுடன் பதிவேட்டிலிருந்து நீக்கிவிடல் வேண்டும். நிரந்தரப் பொருளாக இருப்பின், கண்டிப்பாகத் தலைமை ஆசிரியரின் அனுமதி பெறாமல் நீக்குதல் கூடாது. உடையக்கூடிய பொருளின் வகையைச் (Consumable) சார்ந்ததாயின் பொறுப்பு ஆசிரியரே ஆண்டின் இறுதியில் கணக்கிட்டு நீக்கி விடலாம். ஆகவே, இதற்கென வைக்கப்பட்டுள்ள பதிவேட்டிற்கு உடைந்த பொருள்களின் பட்டியல் பதிவேடு (Breakages Register) என்று பெயர்.

நாள்	உடைந்த கருவியின் விவரம்	உடைத்தவரின் கையெழுத்து	உடைந்த விதம்	எவ்வகைப் பதிவேட்டில் உள்ளது	அறிவியல் ஆசிரியரின் கையொப்பம்	தலைமை ஆசிரியரின் குறிப்புரை

பொருள்களைப் பாதுகாத்து வைத்தல் :

பொருள்களை வாங்குவதற்கு ஏற்பாடு செய்யும்போதே, பொருள்களைச் சேமித்து வைப்பதற்கான அலமாரிகள் அமைத்தல் வேண்டும். கண்ணாடி அலமாரிகளாக இருப்பின் பொருள்களை நன்றாகப் பார்க்கலாம். வேண்டியபோது சுலபமாகப் பொருள் களை எடுக்குமாறு தனித்தனியாக அமைத்தல் வேண்டும். அலமாரியின் உள்கனம் அதிகமாக இருந்தால் நல்லது. பொருள் களைப் பாடவாரியாகவும், பாடப்பகுதி வாரியாகவும் அடுக்கி வைத்தால் எளிதில் எடுக்க இயலும். உதாரணமாகப் பொருளியல் பகுதிக்கு வெப்பயியல் (Heat), ஒளியியல் (Light), காந்தவியல் (Magnetism), மின்யியல் (Electricity), ஒலியியல் (Sound) போன்று தனித்தனியாகப் பிரித்து அமைத்தல் நன்று.

ஆய்வகப் பொருள்களை அவ்வப்போது தூசி துடைத்து, சுத்தமாக வைத்தல் வேண்டும். இருப்புப் பதிவேட்டின்படி பொருள்கள் சரியாக உள்ளனவா என்றும் அவ்வப்போது காணல் வேண்டும். சில பொருள்களை எவ்வாறு சுத்தப்படுத்துவது என்பதைக் குறித்து ஆசிரியர் அறிந்து வைத்தல் நல்லது.

இரும்புச் சாமான்கள் : அடிக்கடி இவற்றைச் சிறிது எண்ணெய் கொண்டு துடைத்து துருப்பிடிக்காமல் வைத்தல் வேண்டும். உதாரணமாக, ஸ்டாண்டு, இரும்பு கிளிப்புகள், எடைக்கற்கள் போன்றவற்றை இவ்வாறு செய்தல் வேண்டும். துருவைச் சொரசொரப்புப் பேப்பரினால் (Emery paper) நன்றாகத் தேய்த்து நீக்கியபின் பெயின்டும் செய்யலாம்.

மரச்சாமான்கள் : இவற்றைக் கரையான் போன்ற சில பூச்சிகள் அரிக்காமல் இருக்கும்பொருட்டு அடிக்கடி பாலிஷ் செய்தல் வேண்டும். அமிலங்கள் பட்டு அரிக்காமல் இருக்கும் பொருட்டு மெழுகுப்பூச்சு பூச வேண்டும்.

பித்தளைச் சாமான்கள் : இவற்றை 'Brasso' கொண்டு நன்கு தேய்த்துப் பளபளப்பாக்க வேண்டும். வர்னியர்காலிபர்ஸையும், திருகுமானியையும் (Screw gauge), இசைக்கவைகளையும் வெள்ளை வாசலேன் (White vaselene) தடவி வைத்தல் வேண்டும்.

கண்ணாடிச் சாமான்கள் : பொட்டாசியம் டைக்குரோமேட் கொண்டும், சோப்புக்கரைசல் கொண்டும் கண்ணாடிச் சாமான் களைச் சுத்தப்படுத்தலாம். லென்சு, கண்ணாடி போன்றவற்றைக் கண்ணாடித் துடைக்கும் பேப்பரினால் துடைத்துச் சுத்தம் செய்யலாம்.

கண்ணுடி அடைப்பான்கள், திருகிகள் (Stopcocks) போன்றவை அவற்றிற்குரிய கருவிகளிலிருந்து காணுமற் போவதைத் தடுக்க அவற்றை உரிய கருவிகளுடன் சிறு நூல் கொண்டோ, கம்பி கொண்டோ கட்டிவிட ‘வேண்டும். சில நேரங்களில் இரசாயனப் பொருள்கள் வைக்கப்பட்டுள்ள பாட்டில்களின் கண்ணுடி அடைப்பான்கள், பியூரெட் அடைப் பான்கள் போன்றவை இறுகிப் போய்விடலாம். ஆகவே, அவற் றைத் தடுக்க ‘கிரீஸ்’ தடவி வைத்தல் வேண்டும்.

‘பிப்பெட்’ போன்ற கருவிகளைப் பிப்பெட் தாங்கிகள் வாங்கி வைத்து, அவற்றின்மீது அடுக்கி வைத்தல் வேண்டும்.

இரப்பர் குழாய்கள் : இரப்பர் குழாய்கள் வீணுகாமல் இருக்க அவற்றைக் காற்ருேட்டமுள்ள இருட்டான அலமாரிகளில் (Cup-boards) வைத்து ‘பிரெஞ்சு சாக்’ (French Chalk) பவுடரினுல் துடைத்து வைத்தல் வேண்டும்.

தராசு : தராசுகள் வாங்கும்போதே அவற்றை வைத்துப் பாதுகாக்கத் தராசுப் பெட்டிகள் (Cases) வாங்குதல் வேண்டும். பெட்டியைவிட்டு வெளியே தராசை எடுத்தல் கூடாது. தட்டுக் களைத் துடைத்து எப்போதும் சுத்தமாக வைத்தல் வேண்டும். எடைப்பெட்டிகளை மாணவர்களுக்குக் கொடுக்கும்போதும், திரும்பச் சோதனை முடிந்து பெறும்போதும் எடைகள் சரியாக வுள்ளனவா என்று அறிதல் வேண்டும்.

பொதுவாக உடைந்த பொருள்கள் எவற்றையும் குப்பையாக ஆய்வகத்தின் மூலையில் வைத்தல் கூடாது. பழுதுபட்ட கருவி களைச் செப்பனிட முடியுமானுல், உடனுக்குடன் செப்பனிட்டு வைத்தல் வேண்டும். உபயோகமற்ற உடைந்த பொருள்களை அவ்வப்போது நீக்குவதற்கு ஏற்பாடு செய்தல் வேண்டும்.

இரசாயனப் பொருள்களைச் சேமித்து வைத்தலும், பாதுகாத்தலும் :

இரசாயனப் பொருள்களை அடுக்கி வைக்கும்போது, அவற் றிற்குரிய சீசாக்களில் அடைத்து வைத்தல் வேண்டும். சாதாரண மாகத் திரவங்கள் ஊற்றி வைக்க, குறுகிய வாய் உள்ள சீசாக் களையும் (Narrow Mouthed Reagent Bottles), திடப்பொருள் களை வைப்பதற்கு அகல வாயுள்ள சீசாக்களையும் (Wide Mouthed Bottles) உபயோகிக்கலாம். சோதனைக்காகச் சொட்டு சொட்டாகத் திரவத்தை ஊற்ற வேண்டும்போது, மிகக் குறுகிய வாயமைப்புள்ள மருந்துசொட்டும் சீசாவை (Medicinal Dropper)

உபயோகித்தல் வேண்டும். சாதாரணமாக இது போன்ற (Reagent) சீசாக்கள் 4 அவுன்சு, 8 அவுன்சு, 16 அவுன்சு போன்ற அளவுகளில் கிடைக்கும்.

இரசாயனப் பொருள்களை அடுக்கி வைக்கும்போது முன்னரே சொல்லியதுபோன்று, நச்சுத்தன்மையுடைய பொருள்களையும், தீப்பற்றி எரியக்கூடிய பொருள்களையும், அமிலங்களையும் தனியாகப் பிரித்து வைத்தல் வேண்டும். மற்றப் பொருள்களை அகர வரிசையிலோ, உலோகம், அவற்றின் கூட்டுப் பொருள், அலோகம், அவற்றின் கூட்டுப்பொருள் என்றோ ஆவர்த்தன அட்டவணைப்படி (Periodic Table of Classification) அந்தந்தக் குடும்பத்தினைச் சார்ந்த பொருள்களையும், அவற்றின் கூட்டுப் பொருள்களையும் வரிசைப்படி அடுக்கி வைக்கலாம். ஆனால் பொருள்கள் தேவைப்படும்போது, அதிகமாகப் படிக்காத ஆய்வக உடனுளும் சுலபமாகப் பொருள்களைத் தேடி எடுக்கும் வகையில் அமைப்பது சிறந்தது. இதன் அடிப்படையில் பார்த்தால் முதல் திட்டப்படி அகர வரிசையில் அமைப்பது தான் எளிது என்பது புலனாகும்.

நச்சுத்தன்மைப் பொருள்களைத் தனி அலமாரியில் வைத்துப் பூட்டி வைத்தல் வேண்டும். நச்சுத்தன்மை வாய்ந்த பொருள்களின் பட்டியல் பின்னிணைப்பில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

அமிலங்கள் கூடிய வரையில் தரை மட்டத்தில் வைப்பதே சிறந்தது. உயரத்தில் வைப்பதால் சில சமயங்களில் சாய்த்து எடுக்கும்போது கீழே கொட்டிப்போய்ச் சிதறுவதற்கு வாய்ப்புண்டு.

எளிதில் தீப்பற்றி எரியக்கூடிய பொருள்களையும் தனியே பிரித்து வைத்தல் நல்லது. சோடியம், பொட்டாசியம், பாஸ்வரம் போன்ற பொருள்களைத் தனியாகப் பிரித்து வைத்தல் வேண்டும். எளிதில் தீப்பற்றி எரியக்கூடிய பொருள்களின் பட்டியல் பின் இணைப்பில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

இதே போன்று எளிதில் ஆவியாகக்கூடிய (Volatile) ஈதர் போன்ற பொருள்களையும், நீர் உறிஞ்சும் (Hygroscopic) பொருள்களையும், கசியும் (Deliquescent) இரசாயனப் பொருள்களையும், பொரிந்துபோகும் (Efflorescent) பொருள்களையும் மிகவும் கவனமாக நன்றாக மூடப்பட்டுள்ள சீசாக்களில் போட்டு அடைக்க வேண்டும். இவற்றின் பட்டியலும் பின்னிணைப்பில் கொடுக்கப் பட்டுள்ளது.

இரசாயனப் பொருள்களைச் சீசாக்களில் போட்டு நன்கு மூடி. அவற்றின்மேல் தெளிவாக அப் பொருள்களின் பெயர்களை எழுதியோ, அச்சடிக்கப்பட்ட காகித அட்டையை (Labels) ஒட்டியோ வைத்தல் வேண்டும். சில நேரங்களில் முன்னர் ஒட்டிய லேபிலை முழுதும் கிழித்தெறியாமல் வேருெரு பொருளை அச் சீசாவினில் மாற்றியிருக்கலாம். மாற்றிய பொருளின் பெயர் தெளிவாக எழுதப்பட்டு, முன்பிருந்த சீட்டானது முழுதும் நீக்கப்பட்ட பின்னரே புதிய சீட்டை ஒட்டுதல் வேண்டும். சிறிது பாரபின் மெழுகை உருக வைத்து, அச்சீட்டின்மீது தடவிவிட்டால், சீட்டு கெடாமல் பாதுகாக்கப் படும்.

ஆய்வகத்தில் அபாயம்

நன்முறையில் அமைக்கப்பட்டுச் செயல்படும் ஆய்வகத்தில் அபாயங்கள் விளைவது மிகவும் அரிது. அபாயங்கள் அறவே ஏற்படா என்று அறுதியிட்டுக் கூறிட முடியாது. எனினும், அபாயங்கள் ஏற்படுவதைக் குறைக்க முடியும் என்று நிச்சயமாகக் கூறலாம். அபாயங்கள் ஏதும் ஏற்படுமாயின், முதன்முதலாகக் கேட்கப்படும் கேள்வி 'வேண்டிய அளவு முன்னெச்சரிக்கைகள் செய்யப்பட்டனவா' என்பதே. ஆகவே, ஆய்வக வேலை சிறந்து செயல்பட ஆசிரியர்களும் மாணவர்களும் சில அடிப்படை விதிகளைக் கையாள வேண்டும்.

ஆசிரியருக்குரிய விதிகள்

1. ஆசிரியர் இல்லாதபோது எக் காரணத்தைக் கொண்டும் மாணவரை ஆய்வகத்தின் உள்ளே நுழையவோ, இருக்கவோ அனுமதித்தல் ஆகாது. ஆய்வகத்திலுள்ள கண்ணையும், கருத்தையும் கவரும் பொருள்கள் மாணவரது ஆர்வத்தைத் தூண்டும் பொருள்களாக அமையலாம்.

2. மாணவரது சுயாட்சி (Self Government) என்பது வகுப் பறையில் சிறந்து விளங்கலாம். ஆனால், பல அபாயங்களை விளைவிக்கும் கருவிகளும், இரசாயனப் பொருள்களும் இருக்கும் இடத்தில் மாணவருக்குச் சுயாட்சி என்பது அர்த்த மற்ற வாதம் ஆகும். மாணவரது கட்டுப்பாடும், ஒழுங்கும் சிறிதுகூடச் சீர்குலையாது ஆசிரியர் பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும். வகுப்பறையில் நிலைநாட்டும் ஒழுங்கைவிட ஆய்வகத்தில் மிகுந்த கட்டுப்பாடு தேவை.

3. ஆய்வகத்தில் மாணவர் பின்பற்ற வேண்டிய விதிகள் அனைத்தையும், அவற்றின் பொருள் தெரிந்தும், முக்கியத்

துவம் அறிந்தும் பின்பற்றும் வகையில் எல்லா மாணவரும் பார்க்கின்ற இடத்தில் தெளிவாகத் தெரியுமாறு வெளியிட்டிருக்க வேண்டும். கட்டுப்பாடு எங்குக் குறைந்தாலும் உடனடியாகத் தண்டனை அளித்தல் வேண்டும்.

4. ஆய்வகம் எப்போதும் தூய்மையுடன் இருத்தல் வேண்டும். உபயோகப்படுத்தாமல் இருக்கும்போது, ஒவ்வொரு பொருளும் அதனதன் இடத்திலும், ஒவ்வோர் இடத்திலும், அதனதன் பொருளும் இருத்தல் வேண்டும். இரசாயனப் பொருள்கள்மீதான லேபில் தெளிவாக இருத்தல் வேண்டும்.

5. சோதனைக்குத் தேவையான கருவிகளையும், இரசாயனப் பொருள்களையும் மாணவர்கள் வகுப்பிற்கு வருமுன்னரே சேகரித்து ஆயத்தம் செய்தல் வேண்டும்.

6. புதிய கருவிகளைப் பயன்படுத்தும்போது, மாணவர்களுக்கு அவற்றைக் கையாளும் முறையினையும், சோதனையில் ஏதாவது அபாயம் நேரிடக் கூடுமாயின், அவற்றையும் முன்கூட்டியே பலமுறை அறிவித்தும் விளக்கங்கள் கொடுத்தல் இன்றியமையாதது.

7. சோதனை தொடங்குவதற்கு முன்னரே, அபாயகரமான பொருள்களை உபயோகப்படுத்தினும் தீப்பற்றி எரியக்கூடிய பொருளாக இருப்பினும் முன் எச்சரிக்கைகள் கொடுத்து விடுதல் வேண்டும்.

8. வாயு, மின்சாரம் வருகின்ற முக்கிய இணைப்புகளை அவசர காலத்தில் உபயோகிக்கும் முறையினை விளக்குதல் வேண்டும்.

9. தீ விபத்துகள் ஏற்படின், அவற்றைச் சமாளிப்பதற்குத் தேவையான தீ அணைப்பான்கள் கண்டிப்பாகப் பொருத்தப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். ஒவ்வோர் அறிவியல் ஆசிரியரும், மாணவரும் அவற்றைப் பயன்படுத்தும் முறையினையும் அறிந்திருத்தல் இன்றியமையாதது.

10. ஒவ்வோர் ஆய்வகத்திலும், ஒரு முதலுதவிப்பெட்டி (First Aid Box) கண்டிப்பாக இருத்தல் வேண்டும். அவ்வப்போது அதில் தேவையான பொருள்களை நிரப்பி வைத்தல் வேண்டும். ஒவ்வொரு விபத்துக்கும் செய்யக்கூடிய முதலுதவியைப் பற்றிய அடிப்படை விதிகளை ஆசிரியர் அறிந்திருத்தல் அவசியம்.

மாணவருக்கான விதிகள்

ஆசிரியருக்கு உள்ள விதிகள் போன்றே ஆய்வகத்தில் கட்டுப் பாட்டை நிலைநிறுத்த மாணவருக்கும் சில விதிகள் வரையறுத்தல் இன்றியமையாதது. ஆய்வகத்தில் மாணவர்கள் வகுப்பறையில் போலல்லாது ஒரே இடத்தில் இல்லாமல் அங்கும் இங்கும் செல்ல வாய்ப்பு ஏற்படுவதனுல், மாணவருக்குக் கட்டுப்பாடு அவசியம். குறும்பு செய்கின்ற மாணவர்களுக்கு ஆய்வகம் சிறந்த பயிற்சிக் களமாகக்கூடச் சில நேரத்தில் அமையலாம். எடுத்துக்காட்டாக, மீட்டர் அளவுகோலைக்கொண்டு சிலர் கத்திச்சண்டை போட லாம்; சிதறுண்ட மெர்க்குரி துண்டுகளைச் சிலர் 'பில்லியர்ட்ஸ்' (Billiards) போன்று உருட்டி விளையாடலாம்; சிலர் நீர்க் குழாய்களை வேகமாகத் திறந்துவிட்டு, செய்முறை மேசைமீதுள்ள நோட்டுப்புத்தகங்கள்மீது நீர் சிதறும்படிச் செய்யலாம்; கழுவு சீசாவிலுள்ள (Wash Bottle) நீரை ஊதி வெளியேற்றி நீர் விளை யாட்டு விளையாடலாம். ஆகவே, ஆய்வகத்தில் மாணவர்கள் மிகுந்த கட்டுப்பாட்டுடன் நடக்க வேண்டும். அதற்கான விதிகள் சிலவற்றைத் தொகுத்துக் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இவ் விதிகளை மாணவர்கள் அறிந்து பின்பற்றுமாறு, ஆய்வகத்தின் வெளிக்கதவில் எல்லோரும் பார்க்குமாறு அமைத்தல் வேண்டும்.

1. ஆய்வகத்திலிருந்து எந்தப் பொருளையும் வெளியேற்றக் கூடாது. குறித்த இடத்தில், குறிப்பிட்ட வேலைக்காக ஆய்வகப் பொருள்கள் வைக்கப்படுகின்றன. இவற்றை வெளியே எடுத்துச் செல்வதால் சில அபாயங்கள் ஏற்பட லாம்.

2. கருவிகளையும், பொருள்களையும் ஆசிரியர் குறித்துக்காட்டிய சோதனை செய்வதற்கே முற்றிலும் பயன்படுத்த வேண்டும். ஆசிரியர் அனுமதியின்றி வேறு முறையில் சோதனை செய் வதற்கு ஈடுபடுதல் கூடாது.

3. சோதனையில் ஈடுபடும்போது மாணவருக்கு ஏதாவது சிறு விபத்துகள், எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு வெட்டுக்காயம், சுட்ட புண், கண்ணிலோ, வாயிலோ, துணியிலோ ஏதாவது இரசா யனப் பொருள் படுதல் போன்ற நிகழ்ச்சியை உடனடியாக ஆசிரியரிடம் சொல்லி விடுதல் வேண்டும்.

4. சோதனைக்கருவிகள் உடைந்து அல்லது பழுதுபட்டிருந் தாலோ செயல்படாவிட்டாலோ ஆசிரியரிடம் உடனே சொல்லி விடுதல் வேண்டும். சிறிது பழுதுபட்ட நிலையில் திருத்தி விடுவது எளிதாக அமையலாம்.

5. இரசாயனப் பொருள்களின்மீதுள்ள விடுபட்ட பெயர்ச் சீட்டோ, தெளிவற்ற பெயர்ச்சீட்டோ உடனடியாக ஆசிரியரிடம் அறிவித்தல் வேண்டும். வெளியில் ஒட்டப் பட்டுள்ள பெயர்ச்சீட்டில் கண்ட பெயருக்கும், உள்ளே இருக்கும் பொருளுக்கும் தொடர்பில்லாவிட்டாலும் உடனடியாக ஆசிரியருக்கு அறிவித்தல் வேண்டும்.

6. பாட்டில்களின் கழுத்தைப்பிடித்துத் தூக்குவதோ, அடைப்பானைப் பிடித்துத் தூக்குவதோ கூடாது.

7. பாட்டில்களின் அடைப்பான்களைச் சரியான முறைப்படி திறந்து வைத்து, பின் அந்தந்தப் பொருளின் அடைப்பானைச் சரியானபடி பொருத்துதல் வேண்டும். அடைப்பான்கள் மாறி விடின், அசுத்தங்கள் கலந்துவிட வாய்ப்புண்டு.

8. சோதனைக்குத் தேவையான மிகக் குறைந்த அளவு இரசாயனப் பொருள்களையே எடுத்தல் வேண்டும். அதிகமான பொருளைப் போட்டால் அதிகமாக, அல்லது உடனடியாகச் சோதனை முடிவு வெளிவரும் என்ற நினைப்பு தவறானது ஆகும். பொருள்கள்தான் அதிக அளவில் செலவாகும் சில நேரங்களில் நீர்த்த அமிலங்கள், அடர் அமிலங்களைவிடச் சிறந்த முடிவுகளைக் கொடுக்கும் தன்மை வாய்ந்தவை பொருள்கள் வீணாக்குவதைத் தவிர்த்தல் வேண்டும். ஆய்வகத்தில் சில குறிப்பிட்ட வாயுக்களைத் தயாரிக்கத் தேவையான குறைந்த அளவு இரசாயனப் பொருள்களின் அளவுப் பட்டியல் பின்னிணைப்பில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.

9. ஏதாவது ஓர் இரசாயனப் பொருள் வாயில் சென்றுவிட்டால் உடனடியாகக் கீழே துப்பிவிட்டு, நிறைய தண்ணீர் கொண்டு வாயைக் கழுவுதல் வேண்டும்.

10. ஆசிரியரது அறிவுரை ஏதுமின்றி எந்த ஓர் இரசாயனப் பொருளையும் வாயில் போட்டு ருசி பார்க்கக் கூடாது.

11. உடம்பிலோ துணியிலோ அடர் அமிலமோ காரமோ பட்டு விட்டால், உடனடியாக அவ்விடத்தை நிறைய தண்ணீர் கொண்டு கழுவி விடுதல் வேண்டும்.

12. சோதனை முடிந்த பின்னர், உபயோகப்படுத்தப்பட்ட பொருள்களை உடனடியாகக் கழுவி, அவற்றுக்குரிய இடத்தில் வைத்தல் வேண்டும்.

13. திடப் பொருள்களைக் கழுவுத்தொட்டியில் கொட்டுதல் கூடாது. அவை நீர் செல்லும் குழாயை அடைத்துவிட்டால், நீர் செல்வது தடைப்படும்.

14. வாயு, நீர், மின்சாரம் போன்ற பொருள்களை உபயோக மில்லாதபோது சிக்கனம் கருதி நிறுத்திவிட வேண்டும்.

15. இவ் விதிகளையும் மீறி ஏதும் அபாயம் விளையுமாயின், பயிலும் மாணவரின் கவனமின்மையே ஆகும்.

இதற்கு மேலும் தேவைப்படின், ஆசிரியர் வேறு விதிகளை அமைத்துக் கொள்ளலாம். உதாரணமாக, இரசாயன ஆய்வ கத்தில் உஷ்ணமாக்கப்பட்ட சோதனைக்குழாயைக் கையாளும் முறை, அதிகமாக உஷ்ணப்படுத்தப்பட்ட பொருள், உஷ்ண மடைந்துள்ள அடர்கந்தக அமிலத்தைக் கீழே கொட்டுதல், சோடியம், பொட்டாசியம், பாஸ்வரம் போன்ற பொருள்களின் கிரியைப்பற்றிச்சோதனைகள் அமைக்கும்போது கவனிக்க வேண்டிய விதிகளைத் தெளிவாக அறிவித்தல் வேண்டும்.

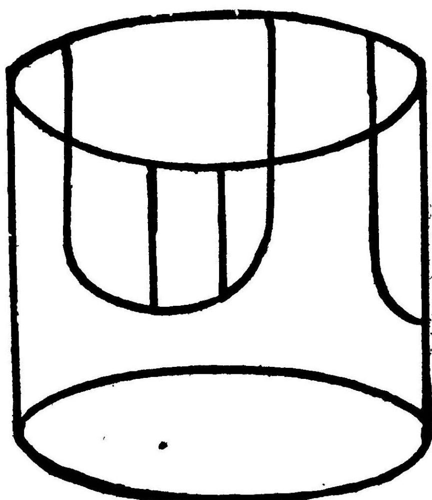
எளிதில் கிடைக்கின்ற பொருள்களைக் கொண்டு தயாரிக்கப்பட்ட கருவிகள் (Improvised Apparatus)

அறிவியல் கற்பிப்பதற்கு நன்முக அமைந்த ஆய்வகமும், கருவிகளும் இன்றியமையாத சாதனங்கள் என்பதை ஒருபோதும் மறுத்தற்கில்லை. எனினும், உடனடியாக நல்ல ஓர் ஆய்வகத்தை ஏற்படுத்துவது என்பது பொருளாதார நெருக்கடியுள்ள நம்மைப் போன்ற நாடுகளுக்கு எளிதான செயலல்ல. ஆய்வகமும் அதற்கான கருவிகளும் இல்லாவிடினும், தான் தொடங்காற்றலும் (Initiative) செயல் வினையாற்றலும் நிரம்பிய ஆசிரியரால் (Creative Teacher) அடிப்படையான சில கருவிகளைத் தாமே செய்து கொண்டு கற்பிக்க முடியும். சில இயந்திரக் கடைகளிலும், வீடு களிலும் வேண்டாமென்று ஒதுக்கித் தள்ளுகின்ற பொருள்களைக் கொண்டு சில எளிய துணைக்கருவிகளை அமைக்க முடியும். இது போன்று தயாரித்த கருவிகளுக்கும் சொந்தமாகத் தயாரிக்கப்பட்ட கருவிகள் (Improvised Aids) என்று பெயர். இவை அறிவியல் கருவிகளை விற்பனை செய்கின்ற கம்பெனிகள் தயாரிக்கின்ற கருவி களின் தன்மையை (Quality) ஒத்திராவிட்டாலும், எளிய அறிவியல் தத்துவங்களை விளக்குவதற்கேற்ப அமைந்த முறையில் உள்ளதால் என்றும் வரவேற்கக்கூடிய செயலாகும். இவற்றைத் தயாரிக்க ஆகும் செலவோ மிகக் குறைவு. பெரும்பாலும் வேண் டாதவை என்று ஒதுக்கித் தள்ளப்பட்ட பொருள்களைக் கொண்டே அமைக்கப்படுகின்றன. தாமஸ் ஆல்வா எடிசன், கியூரி அம்மை யார், பிரீஸ்ட்லி, ஜெகதீசு சந்திரபோஸ், சர். சி. வி. இராமன் போன்ற அறிவியல் அறிஞர்கள் புதியது புனைந்தபோதுகூடத் தங்கள் தத்துவங்களை விளக்கிக் காட்ட அமைத்தது அனைத்தும் இன்று அமைந்த நாகரிகக் (Sophisticated) கருவிகளைப் போன்றவை

இன்றி, தாங்களாகவே உருவாக்கிய எளிய கருவிகள்தாம் என்பதை மறத்தல் கூடாது.

இதே போன்று எளிய கருவிகளை ஆசிரியர்களே தங்கள் ஊக்கத்தாலும், உழைப்பினாலும் அமைத்துப் பள்ளியில் ஒருசிறு ஆய்வகமே ஏற்படுத்தலாம். இவை கம்பெனிகளால் தயாரிக்கப்பட்ட கருவிகளைப் போன்று எழில் மிக்கவையாக இல்லாவிடினும், அறிவியற் கருத்துகளை விளக்கும் வகையில் அமைந்தாலே போதுமானது. பள்ளிக்குப் பொருளாதார வசதியின்மையால் ஆய்வகம் இல்லை என்ற குறையை ஒருவாறு போக்கலாம். மேலும், இது போன்ற கருவிகளைச் செய்ய மாணவரது ஆர்வத்தையும் தூண்டி, செயலில் ஈடுபடுத்தும்போது மாணவர்களும் அக் கருவிகளின் அமைப்புகளையும் அவற்றில் அமைந்துள்ள தத்துவங்களையும் மிகவும் எளிதாக, நேரிடையாகக் கற்றுத் தெளிவதற்குச் சிறந்த வாய்ப்பு ஏற்படுகிறது. கருவிகளை அமைக்கும்போது, அவர்கள் கைத்திறனும் நன்கு வளர்க்கப்படுகின்றது. புதியது புனைவதால் அவர்களுக்குப் படிப்பில் ஊக்கமும், ஆர்வமும் வளர்கின்றன; மனதில் ஒரு மகிழ்ச்சியும் ஏற்படுகின்றது.

தேவைப்படாத பொருள்களையும், எளிதாகக் கிடைக்கின்ற பொருள்களையும் கொண்டு எவ்விதம் எல்லாக் கருவிகளையும் தயாரிக்க இயலும் என விளக்கிச் சொல்வது இங்கு இயலாததாயினும், ஒரு சில எளிய கருவிகளை எங்ஙனம் அமைக்க இயலும் என்பதனை மட்டும் ஈண்டு நோக்குவோம் :



படம் 11
சாதாரண முக்காலி

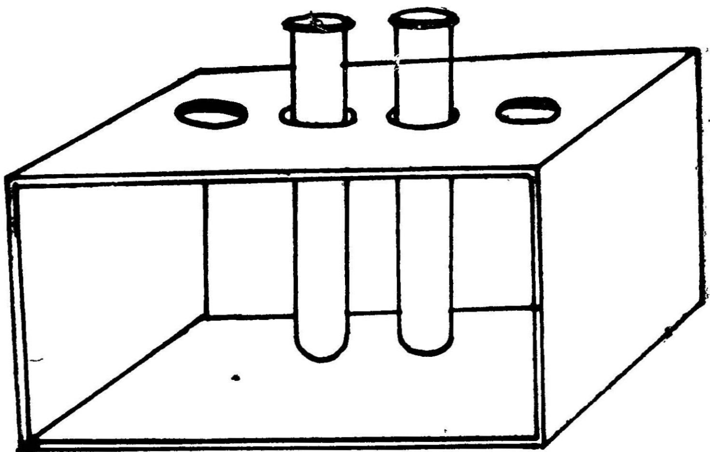
1. சாதாரண முக்காலி (Simple Tripod): ஒரு தகரடப்பாவைப் படத்தில் காட்டியபடி வெட்டிக் கொண்டால், சாதாரண முக்காலி ஒன்று கிடைக்கும். இரண்டு கால்களுக்கு இடையில் சாராய விளக்கு வைப்பதற்குப் போதுமான உயரம் கொடுத்து வெட்ட வேண்டும்.



2. மைக்கூட்டிலிருந்து சாராய விளக்கு : தூக்கி எறியப்படும் மைக் கூட்டின் மூடியில் திரி செல்ல ஒரு சிறு குழாயைச் செருகி ஈயப்பற்று வைத்து விட்டால், சாராய விளக்கு கிடைக்கும்.

படம் 12
சாயரா விளக்கு

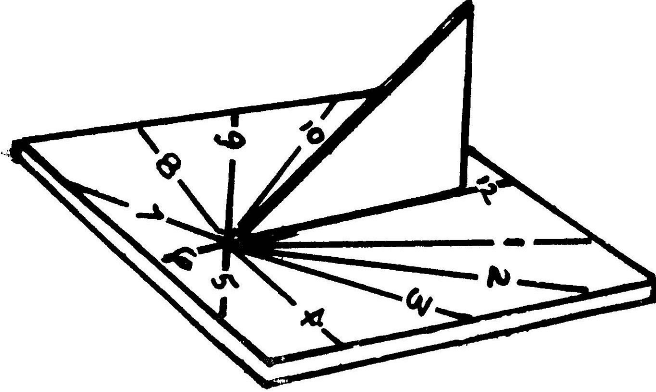
3. சோதனைக்குழாய் தாங்கி : சாக்கட்டிப் பெட்டியில் ஒரு பக்கப் பலகையைத் திறந்து கொண்டு, மேல் பகுதியில் படத்தில்



படம் 13
சோதனைக்குழாய் தாங்கி

காட்டியவாறு சோதனைக்குழாய்க்கான சிறு துவாரங்கள் செய்து கொண்டால் எளிய கருவியாக மாறுகிறது.

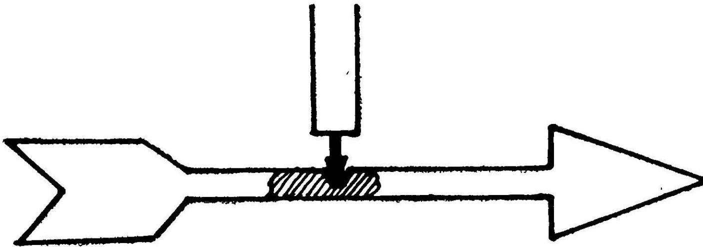
4. சூரிய நிழற்காட்டி (Sundial) : வெயிலிலும் மழையிலும் இருத்தற்பொருட்டு, ஓர் உலோகத் தட்டையோ, மரப்பலகையில் பெயின்ட் பூசியோ பயன்படுத்தலாம். நிழலை ஏற்படுத்துகின்ற பகுதிக்கு (Gnomon) என்று பெயர். இது செங்கோண முக்கோண வடிவம் கொண்டது. அடியில் உள்ள குறுங்கோணம், இக் கருவி பயன்படும் இடத்தின் அட்சரேகையின் (Latitude) அளவைப் பொருத்தது. இப் பகுதியை வெட்டிக்கொண்டு முக்கோணத்தின்



படம் 14
சூரிய நிழற்காட்டி

கர்ணப்பக்கம் துருவ நட்சத்திரத்தைப் பார்த்து அமையுமாறு அடிப்பலகையில் ஒட்ட வேண்டும். முதலில் சில நாட்களில் நிழலை வைத்துக் கடிகாரத்தைப் பார்த்துக் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். பின் சூரிய வெளிச்சத்தில் எப்போது வேண்டுமானாலும் பயன் படுத்தலாம்.

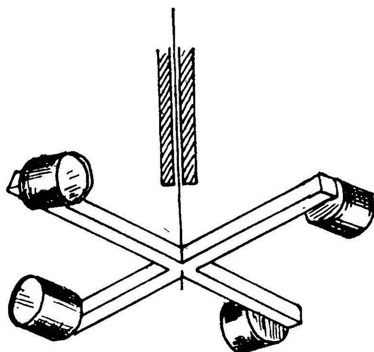
5. காலநிலை காட்டும் கருவிகள் (Weather Instruments) : அட்டையைக் கொண்டு காற்றின் திசையைக் காட்டும் கருவி



படம் 15
காற்றின் திசை காட்டும் கருவி

யையும் (Wind Cock), வேகத்தை அளக்கும் கருவியைச் (Anemometer) சிகரெட் காலி டின்களைக்கொண்டும் அமைக்கலாம். மற்ற

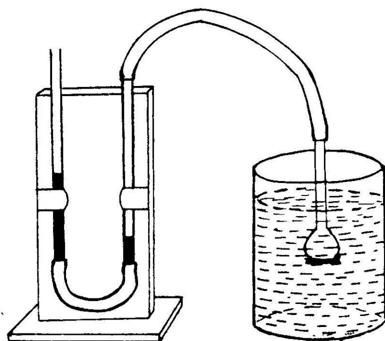
அளவுகளான பாராமீட்டர் அளவினையும், உயர்ந்த உஷ்ண நிலையையும், தாழ்ந்த உஷ்ணநிலையையும் குறித்துக் கொண்டு தோராய



படம் 16
காலநிலைக் காட்டும் கருவி

மாகக் காலநிலைபற்றி அறிவிக்கலாம். இவ்வளவீடுகளைக் கொண்டு அன்றாடம் காலநிலைப்படம் (Weather Chart) வரைந்து, செய்தித் தாள்களுடன் ஒப்பிடலாம்.

6. திரவங்களின் அழுத்தம் : இரண்டு 15 செ. மீ. நீளத்தில் அமைந்த கண்ணாடிக் குழாய்களை அல்லது சோடா உறிஞ்சும் குழாய்களை (soda straw) ஒரு சிறு இரப்பர் குழாயினால் இணைத்துச் செங்குத்தாக நிறுத்து. சிறிது வண்ணம் கலந்த நீரை



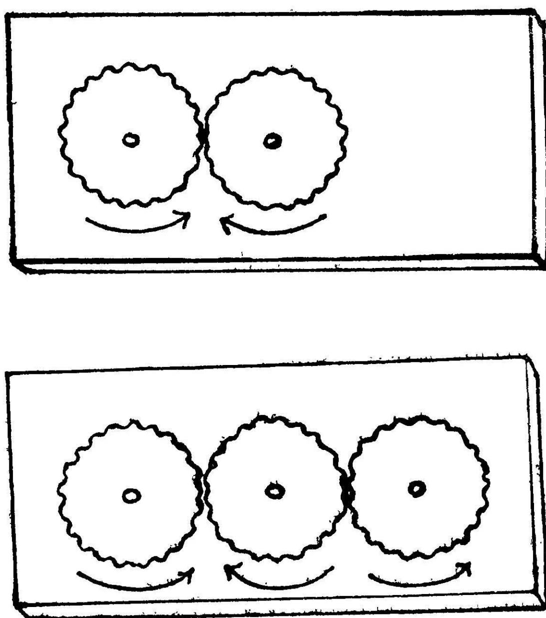
படம் 17
திரவங்களின் அழுத்தம்

இதில் நிரப்பு. ஒரு சிறு புனலின் வாயை இரப்பர்த் துண்டினால் இறுக்கிக் கட்டு. புனலின் காம்பு மூலம் ஒரு சிறு இரப்பர்

குழாயை இணைத்து, மற்றொரு முனையை அழுத்தமானியுடன் இணை. இப்பொழுது புனலை நீர்த் தொட்டியில் சிறிது சிறிதாக ஆழத்திற்குக் கொண்டுசெல். அழுத்தமானியைக் கவனி.

இதே போன்று பழைய காலி ஓவல்டின் டப்பாக்களையும், நீண்ட முகப் பவுடர் டின்களையும் கொண்டு திரவத்தின் பக்க வாட்டு அழுத்தத்தையும், கீழ்நோக்கி அழுத்தத்தையும் செய்து காட்டலாம்.

7. கியர் அமைப்பு : கியர் அமைப்புகளையும், அவை செயல் படும் முறையினையும் காட்டுவதற்குச் சோடா பாட்டில்களின் மூடியைச் சேகரித்துக்கொள்ளலாம். ஒரு மரப்பலகையில்

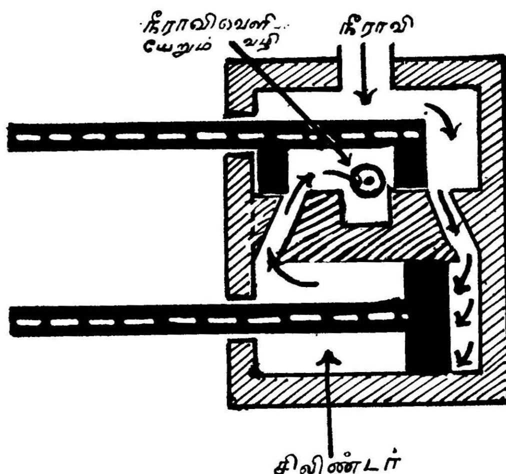


படம் 18.
கியர் அமைப்பு

இரண்டு சோடா மூடிகளின் மத்தியிலும் ஆணியை வைத்து அடித்துப் பலகையில் நிறுத்தவும். இப்பொழுதும் அவை சுலப மாகச் சுழலுமாறு அமைத்தல் வேண்டும். ஒரு மூடியை நகர்த் தும்போது மற்ற மூடி நகரும் திசையைக் கவனி.

8. நீராவி எஞ்சின் செயல்படும் விதம் : ஒரு பலகை யிலோ, தடித்த அட்டையிலோ நீராவிப் பெட்டியின்

அமைப்பை வரைந்து வெட்டிக்கொள்ளவும். மற்ருேர் அட்டையில் பிஸ்டனையும், நழுவுவால்வையும் வெட்டிக்கொண்டு,



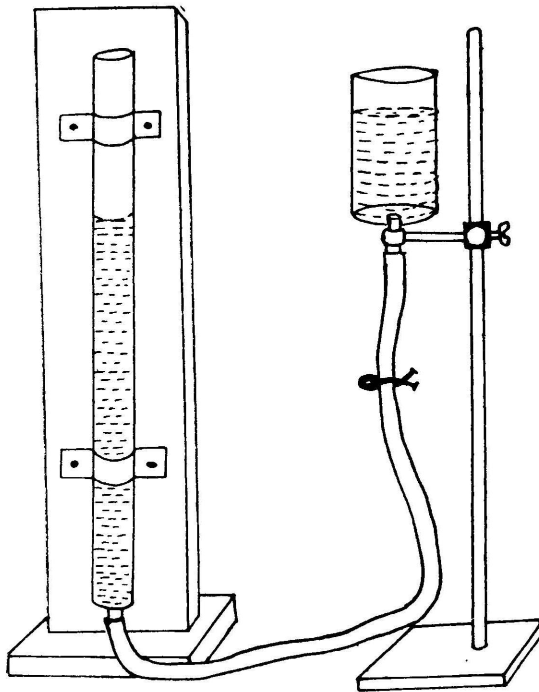
படம் 19

நீராவிப் பெட்டி

படத்தில் கண்டதுபோல் அமைத்துக்கொண்டு, ஒன்று நகரும் போது மற்றதன் நிலையை அறியும்படி செய்.

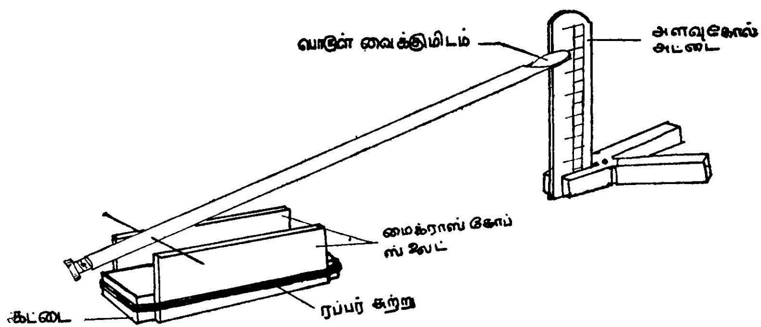
9. அனு நாத சோதனை (Resonance Column): உபயோகமற்ற பாதரச ஆவி விளக்கை எடுத்துக்கொள். அவ் விளக்கின் ஒரு முனையில் உள்ள இரு பித்தான்களையும் நீக்கிவிடு· மறுமுனையில் உள்ள மூடியை எடுத்துவிட்டு, அதில் நீரை ஊற்றி வைக்குமாறு செய். பின் படத்தில் காட்டியவாறு ஒரு தாங்கியில் பொருத்திச் செங்குத்தாக நிறுத்து. அடிப்பாகத்தில் ஒரு சிறு துவாரம் செய்துகொண்டு அதில் ஒரு மெல்லிய உலோகக் குழாயைப் பொருத்து. அக் குழாயை இரப்பர்க் குழாயினுல் இணைத்து, குழாயின் மறு முனையை ஓர் ஓவல்டின் டப்பாவின் அடியில் துவாரம் செய்து அமைக்கப்பட்ட சிறு உலோகக் குழாயுடன் இணை. சோதனையைச் செய்.

10. துல்லிப தராசு (Sensitive Balance): சோடா குடிக்க உதவும் குழலைக்கொண்டு ஒரு துல்லிய தராசை அமைக்கலாம். அதன் ஒரு முனையில் படத்தில் காட்டியவாறு ஒரு திருகு ஆணியைச் செருகு. பின் அதன் அருகில் விரலின்மீது



படம் 20

அனு நாத சோதனை



படம் 21

துல்லிய தராசு

வைத்து எங்கு நிலைப்படுத்தப்படுகிறது என்று கண்டு, அந்த இடத்தில் நீண்ட ஊசியினால் சற்று மேல்புறமாகக் குத்து. குழலின் மறுநுனியில் சிறிது பள்ளம் செய்து பொருள்களைப் போட்டால் நிற்குமாறு செய். இத் துல்லிய தராசை நிறுத்தப் படத்தில் காட்டியவாறு மைக்ராஸ்கோப் நழுவங்களைக் கொண்டு அமைப்பைச் செய்துகொண்டு நிறுத்தவும். தராசுக் கோல் மேலும் கீழும் காற்றில் ஆடுவதைப் பார்க்கலாம். மற்றொரு முனையின் அருகில் ஓர் அளவுகோலைப் படத்தில் காட்டியவாறு நிறுத்து.

இத் தராசைப் பயன்படுத்த முதலில் அளவீடுகளைக் குறிக்கவேண்டும். 200 செ. மீ. நீளமுள்ள Fuse கம்பியை வெட்டி, அதன் எடையை வேறு துல்லிய தராசில் காணவும் அதிலிருந்து 0.5 செ. மீ. நீளமுள்ள சிறு துண்டுகளை வெட்டிக் கொள்ளவும். இப்போது 0.5 செ. மீ. நீளமுள்ள துண்டின் எடை தெரியுமல்லவா? முதலில் ஏதும் தராசுத்தட்டில் போடாமல் இருக்கும்போது காட்டிய அளவை அளவுகோலில் குறி. பின் ஒரு 0.5 செ.மீ. நீளக்கம்பியை வைத்து, தராசுக்கோல் அமிழ்ந்த ஆழத்தைக் குறி. இதுபோல் மேலும் இரண்டு அல்லது மூன்று கம்பிகளைப் போட்டு அமிழ்ந்த ஆழத்தைக் குறி. ஒவ்வோர் அளவுக்கும் எடை தெரிந்து குறிக்கப்பட்டது. இப்போது எடை தெரியாத ஏதாவது ஒரு நுண்ணிய பொருளை வைத்து அதனால் தராசுக்கோல் அமிழ்ந்த ஆழத்தைக்கணக்கிட்டு, அதன் எடையைக் காண். இவ்வாறு அமைத்த தராசு அளக்கக்கூடிய வீச்சு (Range) என்ன? தராசு துல்லியமாக அமைவதால், சிறிது காற்றுப்பட்டால் கூடப் பாதிக்கப்படும். எனவே, இத் தராசைப்பெட்டி அமைப்பில் வைத்தே உபயோகப்படுத்தலாம்.

இது போன்று பல கருவிகளை ஆர்வமுள்ள ஆசிரியர் தயாரிக்கலாம்; மாணவரையும் தயாரிக்குமாறு ஈடுபடுத்தலாம். எளிதில் தயாரிக்கக்கூடிய பல கருவிகளின் அமைப்பு முறை பற்றி "Unesco Source Book for Science Teaching" என்ற நூலில் விளக்கமாகக் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. பொருளியல் பாடத்தில் தயாரிக்கக்கூடிய சில கருவிகளின் பட்டியல் இந் நூலின் பின்னிணைப்பில் கொடுக்கப் பட்டுள்ளது.

பயிற்சி வினாக்கள்

1. ஒரு நல்ல ஆய்வகத்திற்குத் தேவையான வசதிகள் யாவை?

2. 24 மாணவர்கள் சேர்ந்து ஆய்வக வேலையில் ஈடுபடுவதற்கு வசதியாக அமைந்த பொருளியல் வேதியியல் ஆய்வகம்

ஒன்றினை எவ்வாறு அமைக்கலாம் என்பதனைத் தோராயமாக ஒரு படம் வரைந்து விளக்குக. ஆய்வகத்தில் இடம் பெற வேண்டிய நிரந்தரமான இணைப்புகளையும், செய்முறை மேசைகளையும் படத்தில் குறித்துக் காட்டுக.

3. ஆய்வக வேலையில் ஈடுபடும்போது மாணவர் பின்பற்ற வேண்டிய விதிமுறைகள் யாவை ?

4. அறிவியற்கற்பிப்பதற்கு ஆய்வக வசதி ஏதுமில்லாத ஒரு கிராமப் பள்ளியில் நீவிர் அறிவியல் ஆசிரியராக நியமிக்கப்பட்டுள்ளதாகவும், அப் பள்ளிக்கு அறிவியற்கருவிகள் வாங்குவதற்கென்று அரசு மானியம் ஒன்று அளித்துள்ளதாகவும் எண்ணிக் கொள்ளவும்.

(அ) ஆய்வகப் பொருள்கள் வாங்குவதற்கு எந்தத் தத்துவங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு தேவைப்பட்டியல் ஒன்று தயார் செய்வீர் ?

(ஆ) அறிவியற்கருவிக் கூடங்களிலிருந்து அப் பொருள்களைப் பெறுவதற்கு நீவிர் மேற்கொள்ளும் முயற்சிகள் யாவை ?

(இ) ஆய்வகத்தில் நீவிர் வைக்கும் பதிவேடுகள் யாவை ?

(ஈ) இரசாயனப் பொருள்களை எவ்வாறு பாதுகாத்து வைப்பீர் ?

5. எளிதில் கிடைக்கின்ற பொருள்களைக் கொண்டு தயாரிக்கப்பட்ட கருவிகள் என்றால் என்ன ? ஆதனால் விளையும் பயன்கள் யாவை ? ஏதாவது ஒரு கருவியை அமைப்பதற்குத் தேவையான பொருள்களைக் குறித்து, அதனை அமைக்கும் முறையினை எழுதுக.

13. ஆய்வகத்தில் ஏற்படும் விபத்துகளும், முதலுதவியும்.

ஆய்வகத்தில் ஆசிரியரும், மாணவரும் பின்பற்ற வேண்டிய விதிகளை எவ்வளவு திருத்தமாக அமைத்தாலும், அவற்றை மிகவும் கவனமாகப் பின்பற்றினாலும், எதிர்பாராத வகையில் பல விபத்துகள் ஏற்படுவதைத் தவிர்க்க இயலாது. விதிகளைப் பின் பற்றாமல் இருந்தாலோ பின்பற்றுவதில் கவனக்குறைவு ஏற்பட் டாலோ ஏற்படும் விபத்துகளுக்கு அளவில்லை. விபத்துகள் ஏற்படும் காலத்தில் ஏற்பட்ட விபத்திற்குத் தக்க வகையில் முதலுதவி செய்வதற்கு ஒவ்வோர் ஆசிரியருக்கும் பயிற்சி வேண்டும். இவ்வாறு முதலுதவி செய்யும்போது ஆசிரியர் இரண்டு முக்கிய குறிப்புகளைக் கவனத்தில் கொள்ள வேண்டும்:

1. கொடுக்கப்படும் முதலுதவி பொருத்தமாகவும், நன்மை பயக்கத் தக்க அளவிலும், காலந்தவறாமல் உடனடியாகவும் நிகழ்தல் வேண்டும்.
2. கண்ணில் ஏதும் விபத்து நேர்ந்தாலோ, விபத்து ஆபத்து நிறைந்ததாக இருந்தாலோ ஏற்பட்ட விபத்திற்கு எந்தவித முதலுதவி கொடுப்பது என்ற ஐயம் ஆசிரியருக்குத் தோன்றினாலோ, நோயாளியை உடனடியாக மருத்துவரிடம் காண்பிப் பதற்கு ஏற்பாடுகள் செய்தல் வேண்டும்.

சாதாரணமாக ஆய்வகங்களில் ஏற்படும் விபத்துகளையும் அவை ஒவ்வொன்றுக்கும் ஆசிரியர் அளிக்கும் முதலுதவியையும் கீழ்க்கண்டவாறு பிரித்தறியலாம்:

உடலின்மீது ஏற்படும் புண்கள்

1. அமிலங்களினால் ஏற்படும் புண்கள் (Acid Burns) : அடர் அமிலங்கள் தோலின்மீது பட்டாலோ, துணிமீது பட்டாலோ அவ்விடத்தை அரித்து விடும் தன்மை வாய்ந்தவை. ஆகவே,

அடர் அமிலம் பட்டவுடன் பட்ட இடத்தை அதிக அளவில் நீர்விட்டுக் கழுவி. சோடியம் பைகார்பனேட்டுக் கரைசல் கொண்டு எஞ்சியுள்ள அமிலத்தை நடு நிலையாக்க வேண்டும். அடர் கந்தக அமிலம் பட்டால், அதிக அளவில் சோடியம் பை கார்பனேட் பொருளைத் தூவி விடுதல் நல்லது. ஆனால், எக் காரணத்தைக் கொண்டும் அதிகமான நீர் விட்டுக் கழுவாமல், உடனே சோடியம் பைகார்பனேட் திரவத்தை ஊற்றுவதுகூடாது. நடுநிலையாக்கலின்போது அதிக உஷ்ணம் ஏற்படுமாதலின், நீர் விட்டுக் கழுவிய பின்னர்தான் சோடியம் பைகார்பனேட்டைத் தடவ வேண்டும்.

2. காரங்களினால் ஏற்படும் புண்கள் (Burns due to Alkalis) : சோடியம் ஹைடிராக்ஸைடு போன்ற காரங்கள் உடலின்மீது பட்டால், பட்ட இடத்தில் புண்ணாகும். இவற்றை நீக்குவதற்கு முதலில் அதிக அளவில் நீர் விட்டுக் கழுவிப் பின்னர் இரண்டு விழுக்காடு வீரியமுள்ள அசிட்டிக் அமிலத்தையோ பூரிதமாக்கப் பட்ட போரிக் (Boric) அமிலக்கரைசலையோ தடவுதல் வேண்டும். எலுமிச்சம்பழச் சாற்றையும் உபயோகிக்கலாம்.

3. பாஸ்வரத்தினால் ஏற்படும் புண் (Phosphorous Burns): பாஸ்வரம் பட்ட இடத்தை உடனே நீரில் வைத்து பாஸ்வரம் ஒட்டியுள்ள எல்லாப் பகுதிகளையும் நீக்கி, பின்னர் அப் பகுதியினை நீர்த்த வெள்ளி நைட்டிரேட்டுக் கரைசலையோ இரண்டு விழுக் காடு வீரியமுள்ள சோடியம் பைகார்பனேட் கரைசலையோ கொண்டு கழுவ வேண்டும். பாஸ்வரப் புண் இன்னலை விளைவிக்கக் கூடியது.

4. சோடியம், பொட்டாசியம் புண்கள்: சோடியம், பொட்டா சியம் பட்ட இடங்களில் இருந்து, இவ்வுலோகத்தைச் சிறிது சாரா யத்தில் நனைத்த பஞ்சினைக் கொண்டு நீக்கி விட்டு, அதிக அளவில் நீர்விட்டுக் கழுவ வேண்டும்.

வெட்டுக்காயங்கள் (Cuts)

1. சாதாரண வெட்டுக்காயங்கள் (Minor Cuts): வெட்டுப் பட்ட இடம் சுத்தமாக இருக்குமானால், சிறிது டிங்சர் ஆப் அயோடினைத் தடவி அல்லது பஞ்சில் நனைத்து வெட்டுண்ட இடத்தில் வைத்துக் கட்டி விடலாம்.

வெட்டுப்பட்ட இடம் அசுத்தமாகவோ கண்ணாடித் துண்டு களாகவோ இருக்குமாயின், அவற்றை முதலில் நீரினால் கழுவி நீக்கிவிட்டு, பின் டிங்சர் ஆப் அயோடின் போட்டுக் கட்டி விடலாம்.

2. தமனி வெட்டுப்பட்டால் (Arterial Bleeding): இரத்த ஓட்டம் வெளிவருவதிலிருந்து தமனி வெட்டுப்பட்டதை அறியலாம். இதற்கு மருத்துவரின் உதவி உடனடியாகத் தேவைப் படினும், முதலுதவியாக, இரத்த ஓட்டம் ஏற்படும் இடத்தில் பஞ்சை வைத்து அழுத்திப் பிடித்தல் வேண்டும். பஞ்சு இரத் தத்தால் நனைந்தாலும், மேற்கொண்டும் அதே இடத்தில் பஞ்சை வைத்து அழுத்திப் பிடிக்க வேண்டும்.

கண்ணில் ஏற்படும் விபத்துகள் (Eye Injuries) : பொதுவாகக் கண்ணில் ஏதேனும் விபத்துகள் ஏற்பட்டால், உடனடியாக மருத்துவரிடம் காண்பிப்பது நல்லது. முதலுதவியாக ஒரு சொட்டு விளக்கெண்ணெயை ஊற்றி, கண்ணைப் பஞ்சினால் மூடிக் கட்டி வைக்கலாம். கண்ணில் அமிலம் அல்லது காரம் பட்டால் உடனடியாக ஓடும் நீரில் கழுவுதல் வேண்டும்.

வேறு இரசாயனக் கரைசலைக் கொண்டு நடுநிலையாக்கப்படும் முயற்சி சிறப்புடன் அமையாது. குறிப்பிட்ட வீரியம் உள்ள கரைசலாக அமையாமல், கண் கெட்டு விட வழியுண்டு.

1. கண்ணில் அமிலம் (Acid in Eye) : கண்ணில் அடர் அமிலம் ஏதேனும் பட்டால், கண்ணை நன்றாகத் திறந்து கொண்டு மெதுவாக வெளிவரும் நீரினால் அதிக நேரம் கழுவிப் பின் 1 விழுக்காடு சோடியம் பைகார்பனேட் கரைசலைக் கொண்டோ எலுமிச்சம்பழச் சாற்றினைக்கொண்டோ கழுவுதல் வேண்டும்.

2. கண்ணில் காரம் (Alkali in Eye) : அமிலத்தைவிடக் குறைந்த வீரியமுள்ள காரங்கூட கண்ணில் பட்டால், மிகவும் பாதிக்கும். அவ்வாறு பட்டால், மேலே சொன்னவாறு நன்றாகக் கண்ணைக் கழுவிய பின்னர், 1 விழுக்காடு போரிக் அமிலம் கொண்டு கழுவுதல் வேண்டும்.

3. கண்ணில் திடப்பொருள் : கண் மூடியைப் (Eyelid) பின் னுக்கு இழுத்து கிளிசரினில் நனைத்த ஒட்டகமயிர் புருசினால் நீக்குதல் வேண்டும்.

நச்சுப் பொருள்களை உட்கொள்ளுதல்

இத்தகைய எல்லாவித விபத்துகளிலும் பின்வரும் முதலு தவியைச் செய்த பின்னர் உடனடியாக மருத்துவரின் உதவியை நாடுதல் வேண்டும்.

(அ) நச்சுத் திட, திரவப்பொருள்கள் முதலியவற்றை வாயில் கொண்டு செல்லுதல் : இப் பொருள்களை நச்சுப்பொருள்கள் என்று அறியாது வாயில் போட்டால் உடனடியாகக் கீழே துப்பிவிட்டு, வாயை நன்ருக அதிக அளவு நீரினுல் கழுவ வேண்டும். பின்னர் அப் பொருள்களுக் கேற்பச் சரி யான மாற்றுப் பொருளை உபயோகித்து வாயைக் கழுவுதல் வேண்டும். உதாரணமாக, அமிலமாக இருப்பின் நீர்த்த சோடியம் பைகார்பனேட்டுக் கரைசலும் காரமாயின், 1 விழுக்காடு அசிட்டிக் அமிலமும் உபயோகிக்கலாம்.

(ஆ) நச்சுத் திட, திரவப்பொருள்களை உட்கொள்ளுதல் : பொது வாக அரிக்கும் தன்மை வாய்ந்த பொருள்களை உட்கொண் டிருந்தால் வாய்ப் புண்ணிலிருந்தும், வாய் உதடு வீக்கத்திலி ருந்தும், தொண்டை நாக்கு புண்ணுகி இருப்பதிலிருந்தும் அறியலாம். வாந்தி எடுக்கும்போது, இரத்தம் தோய்ந்து கூட வெளிவரலாம்.

(அ) அரிக்கும் தன்மை வாய்ந்த பொருள்கள் : இப் பொருள்கள் செல்லும் வழியெல்லாவற்றிலும் தசைநார்களை அழித்து விடுகின்றன. உதாரணமாக, மெர்குரிக் குளோரைடு போன்று அரிக்கும் தன்மை வாய்ந்த பொருள்களை உட் கொண்டு விட்டால், நோயாளிக்கு முட்டை வெள்ளை அல்லது பாலும், அரிசிக் கஞ்சியும் அல்லது பார்லித் தண்ணீ ரும் கொடுக்கலாம். ஆனுல், எக் காரணத்தைக் கொண்டும் வாந்தி எடுக்கும்படித் தூண்டவோ பேதியா வதற்குத் தூண்டுவதோ கூடாது.

(1) உட்கொண்ட பொருள் அடர் அமிலமாயின், நிறைய தண்ணீர் குடித்த பின்னர் எலுமிச்சம்பழச்சாறு அல்லது மில்க் ஆப் மக்னீசியா குடிக்கச் செய்ய வேண்டும். பைகார் பனேட்டை உபயோகித்தால், அமிலத்துடன்கூட இணைந்து வயிற்றில் வாயுவை ஏற்படுத்திவிடும்.

(2) காரமாயின், நிறைய தண்ணீர் குடித்த பின்னர் 1 விழுக் காடு வீரியமுள்ள அசிட்டிக் அமிலம் அல்லது எலுமிச்சம் பழச்சாறு குடித்தல் வேண்டும்.

(3) துத்தநாகக் கூட்டுப்பொருள்களுக்கு நீர்த்த சோடியம் கார்பனேட்டுக் கரைசலைப் பயன்படுத்துதல் வேண்டும்.

(ஆ) அரிக்காத நச்சுப் பொருள்கள் : அரிக்காத நச்சுப் பொருள் களாயிருப்பின், உடனடியாக வாந்தியைத் தூண்டும்

பொருள்களான ஒரு தேக்கரண்டி உப்புத்தூளையோ, ஒரு தேக்கரண்டி கடுகையோ ஒரு குவளை வெப்பமான நீரில் இட்டுக் குடிக்கச் செய்தல் வேண்டும். பின்னர் முட்டை வெள்ளை, அரிசிக் கஞ்சி போன்றவற்றை உட்கொள்ளுதல் வேண்டும்.

(இ) நச்சு வாயுக்கள் (Poisonous gases): கார்பன் மோனுக்ஸைடு, ஹைட்ரஜன் சல்பைடு, குளோரின் போன்ற வாயுப் பொருள்கள் நச்சுத்தன்மை உடையவை. இவை ஒரு குறிப் பிட்ட எல்லையைத் தாண்டிவிட்டால், உட்கொண்டவருக்கு மயக்கமும், அதிக அளவில் உட்கொண்டால் உயிர் துறக் கவும் நேரிடும். உடனே நோயாளியை நல்ல காற்றோட்ட மான இடத்திற்கு எடுத்துச் செல்ல வேண்டும். உடுப்புகளை அவிழ்த்து விட்டு, நோயாளி மயக்கமுற்றிருந்தால் காப்பி போன்ற உஷ்ணமான பானம் கொடுக்க வேண்டும். மேற் கொண்டும் மயக்கமுற்ற நிலையில் உணர்ச்சியற்றுக் கிடந் தால் செயற்கைச் சுவாசம் ஏற்படுத்தும் முறைகளையும் கையாளலாம். குளோரின், புரோமின் போன்ற வாயுக் களின் நச்சுத்தன்மையை நீக்க நோயாளி அம்மோனியா நுகர்ந்து, தொண்டையையும் வாயையும் சிறிது குணப் படுத்திக்கொள்ளலாம்.

மின்தாக்கு (Electric Shock):

முதன்முதலாக, மெயின் சுவிட்சை நிறுத்த வேண்டும். இல்லாவிடில், முதலுதவி செய்பவர் தம்மை முழுதும் கடத்தாப் பொருளாக (Insulate) செய்துகொண்டு மின்சாரம் தாக்கப்பட்டி ருப்பவனை நீக்க முயல வேண்டும். தாக்குண்டவர் புண்பட்டிருந் தால் தீப்புண்ணுக்கு உள்ள முதலுதவியையும், மயக்கமுற்றிருந் தால் காற்றுள்ள இடத்திற்குக் கொண்டு சென்று, மயக்க நிலையை அடைந்தவருக்குச் செய்யும் முதலுதவியையும் செய்தல் வேண்டும். மோசமான நிலையை அடைந்தவருக்குச் செயற்கை முறையில் சுவாசம் கொடுக்க முயற்சிக்கலாம்.

மயக்கமுறுதல் (Fainting)

ஆய்வகத்தில் சில நச்சு வாயுக்களை நுகர்வதனுலோ, ஏதாவது விபத்து ஏற்பட்டு அதன் காரணமாகவோ சில நேரங் களில் மாணவர் மயக்கமடையலாம். அப்பொழுது மயக்கமுற்ற மாணவனின் ஆடைகளைச் சிறிது தளர்த்தி, காற்றோட்டமுள்ள இடத்தில் தலையைக் கவிழ்த்தி உட்கார வைத்தல் வேண்டும்.

நுகரும் உப்பையோ (Smelling Salts) சிறிது குளிர்ந்த நீரையோ கொடுக்கலாம். அல்லது சூடான காப்பி, டீ போன்ற தூண்டும் பானங்களைக் கொடுக்கலாம். மயக்கமுற்ற நிலையில் உணர்வற்று இருந்தால், கீழே படுக்க வைத்தல் வேண்டும்; நுகரும் உப்பைத் தடவலாம். சிறிது உஷ்ணம் கொடுக்கும் வகையில் அவனை வைத்தல் வேண்டும்.

தீ விபத்துகள்

ஆசிரியர் எவ்வளவு திறமை பெற்றவராக இருப்பினும், தீ விபத்தைத் தவிர்ப்பதற்கான எந்தவித ஆயத்தமும் செய்யாதிருந்தால், அவரது அறியாமையையே குறிக்கும். பள்ளி ஆய்வகத்தில் போதிய அளவு தீ அணைப்பான்கள் இருத்தல் வேண்டும். அவற்றை அவ்வப்போது சோதனையிட்டுச் செயல்படும் நிலையில் அமைத்தல் வேண்டும். தீ விபத்துகளைத் தவிர்க்கும்பொருட்டு மாணவர்களுக்குக் கீழ்க்கண்ட விதிகளை அமைத்தல் அவசியமாகும்:

1. செய்முறை மேசைகளில் தேவைப்படாத எளிதில் தீப்பற்றி எரியக்கூடிய பொருள்களை நீக்குதல் வேண்டும்.
2. தீயை உபயோகித்துச் செய்கின்ற சோதனைகளை அருகிலிருந்து கவனித்துக்கொண்டிருத்தல் வேண்டும்.
3. எரிந்துகொண்டிருக்கின்ற அல்லது உஷ்ண நிலையிலுள்ள எந்த பொருளையும் கழுவுத்தொட்டியிலேயோ குப்பைக் கூடையிலேயோ போடுதல் கூடாது.
4. ஆய்வக வேலை முடிந்த பின்னர் மின்சார மெயின் சப்ளையைத் துண்டித்து விடுதல் நல்லது.
5. சோதனையில் உஷ்ணப்படுத்தப்படும் குடுவை போன்றவற்றை இறுக்கிப் பிடித்துக்கொள்ளும் வகையில் அமைத்தல் வேணடும்.
6. வெடிக்கும் பொருளையோ தீப் பிடித்து எரியும் பொருளையோ வைத்து சோதனை செய்யும்போது கவனமாகச் செய்தல் வேண்டும்.
7. தீப்பற்றி எரியக்கூடிய திரவங்களை உஷ்ணப்படுத்தும்போது வட்டமான குடுவையில் (Round Bottom Flask) வைத்தே உஷ்ணப்படுத்துதல் வேண்டும். நேரிடையாகத் தீயில் வைத்து உஷ்ணப்படுத்துவதைவிட, தண்ணீரிலோ மணலிலோ (Water or Sand bath) வைத்து உஷ்ணப்படுத்துவது சிறந்தது.

8. அதிக உஷ்ண நிலையில் உள்ள பொருளை மேசைமீது நேரிடையாக வைக்காமல் கல்நார் அட்டையின் (Asbestos Sheet) மீது வைத்தல் வேண்டும்.

9. உபயோகப்படுத்தப்பட்ட சோடியம் பொட்டாசியம், பாஸ்வரம், மகனீசியம், எரியும் தீக்குச்சி போன்றவற்றைச் சக்தி இழக்கப்பட்ட பின்னரே வெளியில் எறிதல் வேண்டும்.

சாதாரணமாக அறிவியல் ஆசிரியர், வேலை முடிந்து ஆய்வகத்தைவிட்டு வெளியே செல்லுமுன் கடைசியாக ஆய்வகத்தை நன்ருக ஒருமுறை பார்த்து விட்டுப் பூட்டுதல் நல்லது. மேலே கூறப்பட்ட எல்லா விதிகளையும் எவ்வளவு திறமையாகப் பின்பற்றினுலும் எதிர்பாராத வகையில் தீ விபத்து ஏற்படலாம். ஆகவே, ஆய்வகம் இரு கதவுகளுடன் அமைக்கப்பட்டிருத்தல் இன்றியமையாதது. தீ விபத்து ஏற்படுமாயின், உடனயாக மாணவர்களை வெளியேற்றி எல்லாக் கதவுகளையும், சன்னல்களையும் அடைத்துவிட வேண்டும். தீ அணைப்பான்கள் தயாராக இருத்தல் வேண்டும். தீ அணைப்பான்களிலிருந்து கனமான கரியமில வாயு வெளிப்பட்டு தீயின்மீது பரவி, ஜமுக்காளத்தைப் போன்று அமுக்கிவிடுகின்றது.

தீ விபத்து ஏற்படின். கீழ்க்காணும் முறைகளைப் பயன்படுத்தி உடனடியாகச் செயல்பட வேண்டும்:

1. மாணவர்களின் துணிகளின்மீது பட்டிருந்தால், உடனடியாக வெளிக்காற்று சிறிதும் புகாதபடி கம்பளி போன்ற துணியினல் உடலை நன்கு அழுத்தி மூட வேண்டும். உடம்பில் ஏற்பட்டிருந்தால் சுத்தம் செய்யப்பட்ட பஞ்சினல் (Sterilised Cotton) நன்ருக மூட வேண்டும்.

2. தீப்பற்றி எரியக்கூடிய பொருள்கள் ஒரு பீக்கரிலோ குடுவையிலோ பற்றி எரிந்தால், ஒரு கல்நார் அட்டையைக் (Asbestos Sheet) கொண்டு மூடித் தீயை அணைத்து விடலாம்

3. வெளியில் எண்ணெயையோ பாஸ்வரமோ சோடியமோ தீப்பற்றி எரியுமானல், மண்ணைக் கொட்டி அணைத்து விடலாம்.

4. எரிவாயுக் குழாயிலிருந்து எரியுமானல், தீ மேலும் பரவுமானல், உடனடியாக வாயுக்குழாயின் முக்கிய திறப்பினை (Main S op Cock) மூடிவிட வேண்டும்.

5. தீ மின்சாரத்தினல் ஏற்பட்டிருந்தால் பிரதான இணைப்பை (Main Switch) துண்டித்துவிட வேண்டும்.

6. சிறு விபத்து ஏற்பட்டால்கூட, தீ இருக்கும் இடத்திற்குத் தொலைவில் உள்ள வாசலின் வழியாக மாணவரை உடனடியாக அப்புறப்படுத்தல் வேண்டும்.

7. சிறிய தீ ஆயினும் பரவும் என்ற நிலை ஏற்படுமானால், வெளிக்காற்று உள்ளே வீசாமல் இருக்கும்பொருட்டு, கதவுகளையும், சன்னல் கதவுகளையும் மூடிவிடுவது நல்லது.

8. மேற்கூறிய எல்லாக் காரியங்களையும் செய்து பலனளிக்காமல் போகுமானால், தகுந்த தீ அணைப்பான்களை உடனடியாக உபயோகித்தல் வேண்டும். ஆனால், இவ் வகை அணைப்பான்களில் வெளிவரும் வாயு நச்சுத்தன்மை உடையது. தீயை அணைத்த பின்னர் ஆய்வகத்தில் நிறைய காற்று வீசுமாறு அமைத்தல் வேண்டும்.

அபாயத்தை விளைவிக்கும் சோதனைகள்

சாதாரணமாகக் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள சில சோதனைகளைச் செய்யும்போது, ஒரு வெடிப்பு (Explosion), தீப்பற்றி எரிதல் போன்ற அபாயகரமான விளைவுகள் நிகழலாம். ஆசிரியர்கள் இவ் வகைச் சோதனைகளை அறிந்து வைத்துக்கொள்ளுதல் நலம் பயக்கும். அபாயகரமான விளைவுகளை ஏற்படுத்தும் சில இரசாயனக் கிரியைகள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன:

1. கூர்முனைக் குழாயில் ஹைடிரஜனை எரியச் செய்கையில், ஹைடிரஜன் தூய்மையானதாக இருக்க வேண்டும்.

2. பொட்டாசியம் பர்மாங்கனேட் அல்லது பொட்டாசியம் குளோரேட்டைக் கரி, கந்தகம், பாஸ்வரம், அலுமினியம் போன்ற பொருள்களுடன் வெப்பப்படுத்தும் சோதனையில் கவனம் தேவை. ஆக்ஸிஜன் தயாரிக்கும் சோதனையைச் செய்து காட்டும்போது, பொட்டாசியம் குளோரேட்டையும், மங்கனீசு டைஆக்ஸைடையும் சிறிய சோதனைக்குழாயிலிட்டு வெப்பப் படுத்திப் பார்த்துக்கொண்டு, பின்னர் அதிக அளவில் தயாரிக்கலாம். ஏனெனில், மங்கனீசு டைஆக்ஸைடில் கரி சிறிது கலந்திருக்கலாம்.

3. அடர் கந்தக அமிலத்துடன் நீரைச் சேர்த்தாலும், வெப்பப் படுத்தப்பட்ட அமிலத்தை நீர்பட்டு நனைந்துள்ள கழுவுத் தொட்டியில் கொட்டினாலும் அபாயத்தை விளைவிக்கும்.

4. சோடியம் அல்லது பொட்டாசியம் உலோகத்தை நீரில் போடும்போது வெடிக்கலாம்.

5. மஞ்சள் பாஸ்வரம், அடர் அமிலம், கார்பன் டைசல்பைடு போன்றவற்றைச் சூடாக்கும்போது கவனமாக இருத்தல் வேண்டும்.

6. ஹைடிரஜனை, குளோரினேடு சேர்த்து சூரிய ஒளியில் காட்டினுல் வெடி விபத்து ஏற்படும்.

7. நீரில் கரையும் வாயுவான ஹைடிரஜன் குளோரைடு சோதனையில் நீரானது உள்ளிழுக்கப்படுவதும், போக்குக் குழாய் அடைபட்டுப் போவதும் ஆபத்தை விளைவிக்கும்.

8. அமோனியம் நைட்டிரேட்டை உஷ்ணப்படுத்தும்போது வெடிக்கலாம்.

9. அமோனியாவும், குளோரினும் ஒன்று சேரும் சோதனையில் வெடித்தல் ஏற்படும்.

10. ஆல்கஹால், டர்பன்டைன் போன்றவற்றுடன் அடர்நைட்ரிக் அமிலம் சேர்த்தல்.

11, சோடியம் பராக்ஸைடை நீருடன் சேர்த்தல்.

ஆகவே, மேலே கண்டவை போன்று ஆபத்தை விளைவிக்கும் பல சோதனைகளில் மாணவர்கள் ஈடுபடும்போது எச்சரிக்கையாக ஆசிரியர் கவனக் குறிப்புகள் கொடுத்தல் வேண்டும்.

முதலுதவிப் பெட்டி (First Aid Box)

ஒவ்வோர் ஆய்வகத்திலும் முதலுதவிப் பெட்டி ஒன்று கண்டிப்பாய் இருத்தல் வேண்டும். அதில் இன்றியமையாத கருவி களும், மருந்துகளும் அவ்வப்போது நிரப்பப் பெற்று இருத்தல் வேண்டும். பெரும்பாலான விபத்துகளுக்கு அளிக்கப்படும் முதலுதவி சிகிச்சை முறைகளைச் சுருக்கமாக எழுதி, அப்பெட்டியில் ஒட்டி வைத்திருந்தால் அவசரக் காலத்தில் பெரும் துணையாய் அமையும். அவசரக் காலத்தில் தேவைப்படும் பெட்டியாதலின், இப் பெட்டி இருக்கும் இடம் எல்லோர் கண்ணிலும் படும்படியா கவும், விரைவில் அதை எடுத்துக் கையாளுமாறும் அமைத்தல் வேண்டும். பொதுவாக முதலுதவிப் பெட்டிகளைப்பூட்டி வைத்தல் கூடாது. வெள்ளை நிறத்தில் சிவப்பு வட்டமிட்டு, அதன்மீது வெள்ளையில் + குறியிட்டு, இப் பெட்டிகளைக் குறிப்பது வழக்கம். எவ்வித விபத்து நேர்ந்தாலும் உடனடியாக ஆசிரியரிடம் தகவல் கொடுக்குமாறு மாணவருக்கு அறிவுறுத்த வேண்டும்.

முதலுதவிப் பெட்டியில் கீழ்க்கண்ட பொருள்கள் கண்டிப்பாக இருத்தல் வேண்டும்:

சாதாரண உப்பு	...	100	கிராம்
அசிட்டிக் அமிலம்-5 %	...	250	ml.
அமோனியா கரைசல்-1 %	...	250	ml.
சோடியம் பைகார்பனேட்டு-5 %	...	500	ml.
போரிக் அமிலம் அல்லது போரிக் பவுடர்	...	25	கிராம்
டிங்ச்சர் அயோடின்	...	100	ml.
விளக்கெண்ணெய்	...	100	ml.
மில்க் ஆப் மக்னீசியா	...	100	ml.
சோடியம் தையோ சல்பேட் படிகங்கள்	...	100	கிராம்
டர்பன்டைன்	...	200	ml.
யுகலிப்டஸ்	...	100	ml.
சாமணம்	...	1	
ஊசி	...	2	
ஊக்குகள் (Safety Pins)	...	12	
கத்தரிக்கோல்	...	1	
ஒட்டக மயிரினால் ஆன புருசு	...	1	
கண்கழுவும் கருவி (Eye Dropper)	...	1	
பல்வேறு அளவுகளில் கட்டும் துணி (Bandage Cloth)			
வலைத்துணி (Sterilised Gauze)	...	3	மீட்டர்
பஞ்சு (Sterilised Cotton)	...	1	கட்டு
பிளாஸ்திரி (Striking Plaster)	...	1	கட்டு
தேக்கரண்டி	...	1	

எல்லா அறிவியல் ஆசிரியர்களும் முதலுதவி செய்யும் பயிற்சி பெற்றிருத்தல் நலம் (First Aid Course-St. John Ambulance Association)

பயிற்சி வினாக்கள்

1. சாதாரணமாக ஆய்வகத்தில் ஏற்படும் விபத்துகளின் வகைகளையும், அவை ஒவ்வொன்றிற்கும் அளிக்கப்படும் முதலுதவியையும்பற்றி விவரிக்க.

2. விபத்துகளைத் தவிர்க்கும்பொருட்டு ஆய்வகத்தில் வேலை செய்யும்போது மாணவர்கள் பின்பற்ற வேண்டிய பொது விதிகளையும், முன்னெச்சரிக்கைகளையும் குறிக்க.

3. விபத்துகளுக்கு உதவும் வகையில் முதலுதவிப் பெட்டியில் இருக்க வேண்டிய பொருள்கள் யாவை ?

4. ஆய்வகத்தில் பயன்படுத்தப்பெறும் நச்சுப் பொருள்கள் (Explosives) தீப்பற்றி எரியக்கூடிய இரசாயனப் பொருள்கள் (Inflammable Substances), நச்சு வாயுக்கள் ஆகியவற்றின் பட்டியல் ஒன்று தயாரிக்க.

5. ஆய்வகத்தில் செய்யப்படும் அபாயகரமான சோதனைகளின் விரிவான பட்டியல் ஒன்று தயாரிக்க.

14. அறிவியலில் அளவியல்

இன்றுள்ள தேர்வு முறைகளைக் குறை கூருதவர் எவரும் இல்லை. கல்விச் சீர்திருத்தம் பற்றி அமைக்கப்பட்ட பல்வேறு நிபுணர் குழுக்களும் இன்றைய தேர்வு முறைகளைப்பற்றி வன்மையாகக் கண்டனம் தெரிவித்துள்ளனர். ஆனுல், ஒவ்வொரு குழுவும் தேர்வு முறைகளை ஆராய்ந்த பின்னர் வெளியிட்ட பரிந்துரைகள் முழுவதும் நிறைவேற்ற இயலாமலே அமைந்துள்ளன. ஆனுல், 'இன்று பள்ளியில் தரம் குறைந்து விட்டது' என்று பலரும் கிளிப் பிள்ளை போல் சொல்லி வருவது இன்றைய தேர்வில் மாணவர் அளிக்கும் விடைகளின் அடைப்படையிலேயேயாகும். இன்று பயன்படுத்தப்படும் எழுத்துத் தேர்வுகளில் மதிப்பீடு செய்பவரின் மனநிலைக்கேற்ப மதிப்பீடு மாறுகின்றது என்பது அனைவரும் அறிந்ததும், ஆராய்ச்சிகளின் அடிப்படையில் நிரூபிக்கப்பட்டதுமான உண்மையாகும். இன்றைய கல்வித் திட்டத்தின் நோக்கங்களில் மாணவனின் உடல்வளர்ச்சி, அறிவுவளர்ச்சி ஆகியவை மட்டுமன்றி, மாணவனிடம் நல்ல மனப்பான்மைகளைத் தோற்றுவித்தல், தூய கவர்ச்சிகளைப் பெறும்படி செய்தல், சிந்திக்கும் திறனை வளர்த்தல், சமூகவியல்பினராக ஆக்குதல் போன்றவையும் அடங்கியுள்ளன. ஆனுல், இன்றைய தேர்வுகள் மாணவரது நினைவாற்றலை மட்டுமே சோதித்து அறியும் கருவிகளாக அமைந்துவிடுகின்றன. அது மட்டுமன்றி, மாணவரது அறிவுத் திறனையே அவர்கள் தேர்வில் பெறுகின்ற மதிப்பெண்களை அடிப்படையாகக்கொண்டு தவருக அளவிடப்படுகிறது. இன்றைய தேர்வுகளால் பள்ளிகள், ஆசிரியர்கள், மாணவர்கள், பெற்ருேர்கள் ஆகிய அனைவரும் பாதிக்கப்படுகின்றனர். இன்றைய தேர்வுகள் பாடப்பொருள்களை நிர்ணயிப்பது மட்டுமன்றி, அவற்றைக் கற்பிக்கும் முறைகளையும் கட்டுப்படுத்துகின்றன. எந்த ஆசிரியர் தம்மிடம் பயிலும் மாணவரைச் சிறந்த வகையில் தேர்ச்சி பெறச் செய்கின்ருரோ அவரே மற்றவரினும் சிறந்த ஆசிரியராகக் கருதப்படுகிருர். தேர்வின் அடிப்

படையிலேயே தனிப்பயிற்சிக் கல்லூரிகளும், எண்ணற்ற கடைச் சரக்குகளும் (Bazaar Notes) தயாராகின்றன. பாடப்பகுதிகள் முழுமையும் சோதிக்கப்படுவதில்லை. ஆண்டு முழுவதும் கற்றுத் தேர்ந்த பகுதிகளைச் சுருக்கமாக இரண்டு அல்லது மூன்று மணி நேரத்தில் சோதித்து அறியப்படுகின்றன. இவை போன்ற பல குறைகள் இன்றுள்ள தேர்வுகளில் உள்ளன. குறைகள் பல இருப்பதால், தேர்வினை அறவே நீக்குதல் இயலாது.

சோதனைகளின் பயன்கள்

இன்று மாணவரது பல்வேறுபட்ட துறைகளில் ஏற்படுகின்ற வளர்ச்சியினைக் காணப் பல சோதனைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பொதுவாகக் கற்பித்தலில் பள்ளிப்பாடங்களுக்கான அடைவுச் சோதனைகளும் (Achievement Tests), மாணவர் எந்தெந்தப் பகுதிகளை நன்கு கற்றுள்ளனர், எந்தெந்தப் பகுதிகளை நன்கு புரிந்துகொள்ளவில்லை என்று அறிவதற்குக் குறையறி சோதனைகளும் (Diagnostic Tests) இன்றியமையாதவை.

இச் சோதனைகளால் பெறும் விவரங்கள், முடிவுகள் ஆகியவற்றினின்றும் எழக்கூடிய பயன்கள் வருமாறு :

1. மாணவன் அடைந்துள்ள முன்னேற்றம் குறித்து அறிதல்.
2. கற்பிக்கும் முறைகள், கற்பித்தலில் பயன்படுத்தப்படும் பல்வேறு பொருள்கள் ஆகியவற்றின் பயன்களை மதிப்பிட்டு, தேவையான மாறுதல்களைச் செய்தல்.
3. மாணவர்களுடைய குறையறிந்து, அவற்றை நீக்கத் திட்டமிடல்.
4. கற்பித்தலில் மாணவர்கள் பெற்ற மதிப்பெண்களின் அடிப்படையில் அவர்களைச் சிறு குழுக்களாகப் பிரித்து அமைத்தல்.
5. குறிப்பிட்ட காலத்தில், குறிப்பிட்ட திட்டப்படி பள்ளி வேலைகளை அமைப்பதற்கு வழி வகுத்தல்.
6. தொழில் துறையில் தொழில் நிறுவனங்கள் ஏற்ற நபரைத் தேர்ந்தெடுக்க வழி வகுத்தல்.
7. மாணவர்களை மேல் வகுப்புகளுக்கு மாற்றுதல்.
8. கல்வி ஏற்பாட்டினில் புதிய கற்பிக்கும் முறைகளின் பயன்களை மதிப்பிடுதல் போன்றவை.

தேர்வுகளின் இன்றியமையாப் பண்புகள்

1. ஏற்புடைமை (Validity) : ஒரு சோதனையானது எந்தத் திறனை அல்லது பண்பினை அளக்க வேண்டுமோ அதைமட்டும் சோதித்தால் அச் சோதனை தகுதியாற்றல் படைத்தது என்று சொல்லலாம். ஆனால் மதிப்பிடும் பண்பினைச் சோதிக்காமல், அதற்குப் புறம்பான வேறொன்றினைச் சோதிப்பதாக அமையுமாயின், அச் சோதனை தகுதியாற்றல் அற்றது எனப்படும். ஓர் அறிவியல் தேர்வு மாணவரது மொழி அறிவையும் சோதிக்கும் வகையில் வினாக்களும் அமைந்து, அவற்றிற்குரிய விடைகளை மாணவர் எழுதும்போது மொழித்திறன் உள்ள மாணவர் மட்டுமே விரிவாகத் தொடர்ச்சியாக விடை எழுத முடியும் என்ற நிலை ஏற்பட்டால், அச் சோதனை தகுதியாற்றல் பெற்றிருக்கவில்லை என்று சொல்லலாம். அதே போன்று 6-வது வகுப்புக்குரிய கணக்குத் தேர்வு, 7-ஆம் வகுப்பிற்குப் பயன்படுத்தப் பட்டாலும் தகுதியாற்றல் படைத்ததன்று என்று சொல்லலாம். ஆகவே, தகுதியாற்றல் என்பது என்ன நோக்கத்திற்காகச் சோதனை அமைக்கப்படுகிறதோ அதை மட்டும் நிறைவேற்றும் வகையிலும் மாணவரது திறமையை வெளிக்கொணரும் அளவில் மட்டும் அமைதல் வேண்டும்.

2. நம்பகம் (Reliability): தேர்வுகளின் முடிவுகள் எப்போது நடத்தினாலும் நம்பகமானவையாக அமைய வேண்டும். எடுத்துக் காட்டாக, ஒருமுறை தேர்வு நடத்தும்போது ஒரு வகுப்பிலுள்ள மாணவர்களின் மதிப்பீடும், வகுப்பில் அதே பகுதியில் சில நாள்கள் கழித்து அமைக்கப்படும் அதே தேர்வின் மதிப்பீடும் முரண்படாமல் அமையுமானால், தேர்வு நம்பகத்தன்மை வாய்ந்தது என்று சொல்லலாம். இவ்வாறின்றி மாறுபட்ட முடிவுகளை அச் சோதனை அடுத்தடுத்து அளிப்பின், அது நம்பக மற்றதாகும். சோதனைகளது நம்பகத்தன்மையை மதிப்பிடப் பல்வேறு முறைகள் கையாளப்படுகின்றன. ஒரே தன்மையான இரு சோதனைகளை ஒருவருக்கு இரு வேறு சமயங்களில் அளித்து, பெறப்பட்ட முடிவுகளுக்கிடையே காணப்படும் ஒற்றுமையினை ஆராய்தல் (Parallel Test) ஒரு முறையாகும். ஒரே சோதனையை ஒருவருக்கு அடுத்தடுத்து அளித்து இவ்விரு தடவைகளிலும் பெறப்பட்ட முடிவுகளுக்கிடையே காணப்படும் ஒற்றுமையினை ஆராய்தல் (Test-Retest-Method) மற்றொரு முறை. ஒரு சோதனையை இரு பகுதிகளாகப் பிரித்து, இவ்விரு பகுதிகளுக்கான மதிப்பெண்களிடையே காணப்படும் இணைப்பினை ஆராய்தல் (Split Half Test) மற்றொரு முறையாகும்.

3. புறவயத்தன்மை (Objectivity): தேர்வினை மதிப்பீடு செய்யும் போது, மதிப்பீடு செய்பவர் காய்தல் உவத்தலின்றி மதிப்பீடு செய்ய முடியுமாயின், புறவயத்தன்மை வாய்ந்தது என்று சொல்ல முடியும். மதிப்பீடும் ஆசிரியரின் மனநிலை மதிப்பீடு செய்வதில் எவ்விதத்திலும் பாதிக்காத அளவில் இருத்தல் வேண்டும். ஒருவரது எண்ணங்கள், ஒருபால் சாயும் தன்மை, மதிப்பீடு செய்வோரின் முடிவு ஆகியவை முற்றிலும் நீக்கப்படுவதற்கே புறநிலைத்தன்மை என்று சொல்லப்படுகின்றது.

பொதுவாகப் புறநிலைத்தன்மையுடைய சோதனைகளுக்குரிய விடைகள் குறிப்பிட்ட விடையையே கொண்டுள்ளனவாக அமைக்கப் பெறுவதால், எவ்வாறு வேண்டுமானாலும் வினாவைப் புரிந்து கொண்டு விடையளிக்க முடியும் என்ற 'இரண்டும் கெட்டான்' நிலை (Ambiquity) ஏற்படுவது இல்லை.

4. சோதிப்பதில் போதுமான அளவு: ஒரு துறையில் எந்த அளவிற்கு மாணவர்கள் தேர்ச்சி பெற வேண்டும் என்று நினைக்கின்றோமோ அவ்வளவு பகுதிகளையும் சோதிக்கும் வகையில் தேர்வு வினாக்களை அமைத்தல் வேண்டும். ஆகவே, போதுமான அளவு என்பது, சோதனையில் அமைத்த வினாக்கள் கூடிய வரையில் எல்லாப் பகுதிகளையும் சோதித்து, அவற்றை மதிப்பீடு செய்யும்போது, அந்த மதிப்பீடு எல்லாப் பகுதிகளையும் அளந்தறிந்தது என்ற நிலை ஏற்பட வேண்டும்.

5. பயனுடைமை (Practicability): சோதனையை நடத்தும் முறை (Administrability). எளிதில் மதிப்பீடு செய்யும் தன்மை (Scorability) போன்றவற்றில் சிறந்து விளங்க வேண்டும். நடத்தும் முறை என்பது சோதனையின் வினாக்களைத் தயாரிக்கும்போது எவ்விதத் தொல்லையும் ஏற்படாமல் சுலபமாகவும், புரியுந் தன்மையாகவும் அமைத்தலாகும். மதிப்பீடு செய்யும்போது உரிய திறவுகோலுடன் (Scoring Key) மிகவும் விரைவாகவும், இயந்தரம் போன்றும், மிகவும் சுலபமாகவும் மதிப்பீடு செய்யும்படியாக அமைதல் வேண்டும்.

6. வாய்மொழிச் சோதனைகள் (Oral Tests): முற்காலத்தில் இவ் வகைத் தேர்வுகள் அதிக அளவில் பயன்படுத்தப்பட்டன. இவ் வகை சோதனை நம்பகக் குறைவானது. எல்லா மாணவரையும், எல்லாத் தலைப்புகள் பற்றியும் வாய்மொழிமூலமாக வினாக்களைக் கேட்கவியலாது. இவ் வகைத் தேர்வில் தன்மனவயப் படுவதுண்டு. பல்வேறு மாணாக்கர்களுக்குக் கேட்கப்படும் வினாக்கள் ஒரே தன்மையாய் அமைவது இல்லை. இவற்றை

அளத்தல் கருவியாகப் பயன்படுத்துவதைவிடக் கற்பிக்கும் கருவியாகப் பயன்படுத்தினல் நிறைந்த பயனை அடையலாம். வகுப்பில் மாணுக்கர்களின் அடிப்படை அறிவையறிந்து கொள்வதற்கு வினக்களைத் தொகுத்து அறியலாம். தெரிந்த விவரங்களைப் புது நிலைமைகளுக்குப் பயன்படுத்துதலிலும் அவற்றினின்றும் புதிய கருத்துகளைப் பெறுதலிலும் பயன்படுத்தலாம். மாணவரது இடர்ப்பாடுகளைக் கண்டு உணரவும் இவ் வகை வினக்களைப் பயன்படுத்தலாம். சோதனைகளில் ஈடுபடு முன்னர், பிரச்சினைகளைத் தீர்ப்பதற்கு எத்தகைய சிந்தனை முறைகளை மாணுக்கர் பயன்படுத்துகின்றனர் என்பதனை வாய்மொழிமூலமாக அறியலாம். பாடம் கற்பித்த பின், இறுதியில் தொடுக்கும் வினக்கள், கற்பித்த அறிவு மாணுக்கர் மனதில் எந்த அளவு விளக்கம் பெற்றுள்ளன என்று அறியத் துணை செய்யும்.

கட்டுரைத் தேர்வு (Essay Type Test)

பல காலமாக இத் தேர்வு பயன்படுத்தப்பட்டு வருவதால், இதைப் பழைய முறைத்தேர்வு (Traditional.) என்றும், இதில் செய்யப்படுகின்ற மதிப்பீடு திருத்துவோரின் மனநிலையைப் பொறுத்து அமைவதால், தன்மனவயப்படுகின்ற சோதனை (Subjective Examination) என்றும் சொல்வதுண்டு இவ் வகைத் தேர்வுகளில் மாணவருக்குச் சில வினக்களை மட்டும் கொடுத்து, அவற்றிற்குரிய விடைகளைத் தொகுத்து நீண்ட கட்டுரை வடிவில் எழுதுமாறு அறிவுத்தப்படுகின்றனர். சில நேரங்களில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினக்களிலிருந்து பொறுக்கி எடுத்து (Choice) ஏதாவது சில வினக்களுக்கு மட்டும் விடையளிக்குமாறு செய்யப்படலாம். நீண்ட கட்டுரைகளாக ஒவ்வொரு வினவுக்கும் எழுத வேண்டியுள்ளதால், ஒரு சில வினக்களுக்கு மட்டுமே விடையளிக்கப் போதுமான நேரம் கிடைக்கிறது. இத் தேர்வுகளில் மாணவர்கள் தங்களது கருத்துகளைத் தொகுத்து, வரிசைக்கிரமமாகத் தொடர்ச்சியாக எழுத வேண்டியுள்ளது.

இத் தேர்விஞல் ஏற்படும குறைகள்

1. சென்ற பல ஆண்டுகளாக 1910 முதல் இத் தேர்வுகளைப் பற்றிப் பல ஆராய்ச்சிகள் செய்ததில் சிறந்த ஆசிரியர்கள் இருவர் ஒரு விடைத்தாளை மதிப்பீடு செய்யும்போது அம் மதிப்பீட்டில் மிகுந்த அளவில் மாற்றம் உள்ளதைக் காண முடிந்தது. ஒரே ஆசிரியர் மதிப்பீடு செய்யும்போதுகூட, மதிப்பீடு செய்பவரின் அப்போதுள்ள மனநிலையைப் பொறுத்து மாறுபடுகின்றது. வேறு சில நேரங்களில், சில

வினாக்களுக்குரிய விடைகள் எப்படி வேண்டுமானாலும் அமையலாம் என்று இருக்கும்போது, திருத்துவோரின் மனநிலையைப் பொறுத்து மதிப்பெண் மாறுபடுகின்றது. எடுத்துக்காட்டாக ஒரு, கருத்தைக் கொடுத்து அதைப் பற்றி விமர்சனம் (Comments) செய்யுமாறு கேட்கப்படும் வினாக்களுக்கு எப்படி வேண்டுமானாலும் விடையிறுக்கலாம்.

2. தேர்வில் பெரும்பகுதியை மாணவர்கள் நீண்ட கட்டுரைகளைத் தொடர்ச்சியாக எழுதுவதிலேயே கழிப்பதால், மாணவர் பெற்ற அறிவில் ஒரு சிறு பகுதியையே சோதித்தறிதல் இயலும். பாடப்பகுதி முழுதும் கற்றுணர்ந்தனரா என்று சோதித்தறிய இத்தகைய சோதனைகளில் வாய்ப்பில்லை.

3. ஒரே பகுதியைச் சோதித்தறியும் இருவகைச் சோதனைகளின் முடிவுகளை ஆராய்ந்து நம்பகத் தன்மை குணகம் கண்டுபிடித்ததில் (Reliability Co-efficient) ஒன்றுக்கொன்று முற்றிலும் வெவ்வேருக இருப்பதைக் காண முடிகிறது. ஆகவே, இத்தகைய தேர்வு நம்பகத்தன்மை இன்றி உள்ளது.

4. இத்தகைய தேர்வுகள் மாணவர் பெற்ற செய்தி அறிவை மட்டும் சோதிக்காமல், பிற திறமைகளையும் சோதிக்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, அறிவியல் தேர்வு என்ருல் மாணவரின் செய்தி அறிவை மட்டுமே சோதித்து அறிய வேண்டுமே தவிர, செய்திகளைத் தொடராக அமைத்துக் கட்டுரை எழுதும் ஆற்றலைச் சோதித்தறிதல் கூடாது. அவ்வாறு படிப்பவரின் விருப்பத்திற்கேற்ப எடுப்பான முறையில் அமைக்கப்படாத கட்டுரைகள் செய்தி அறிவு பொதிந்து கிடப்பினும் அதிக மதிப்பெண்கள் பெறுவதில்லை.

5. இதற்கு முன்னர் நடைபெற்ற தேர்வுகளில் சிறப்புற எழுதிய மாணவருக்கும், ஆசிரியரின் மனதில் நல்லெண்ணத்தை ஏற்படுத்திய மாணவருக்கும் இத்தகைய தேர்வில் அதிக மதிப்பெண்கள் பெற வாய்ப்புண்டு. இதைத்தான் ‘ஒளி விளைவு’ (Halo effect) என்று சொல்கிருேம். மாணவன் எல்லாத் தேர்வுகளிலும் நன்ருக எழுதி, குறிப்பிட்ட தேர்வில் மட்டும் சரியாக எழுதவில்லையாயினும், ஆசிரியர் தமக்குத் தாமே ஒரு சமாதானத்தைக் கூறிக்கொண்டு, ‘மாணவன் எல்லாப் பொருள்களையும் கற்று அறிந்தவன் எனினும், இம்முறை சரியாக எழுதவில்லை; ஏதோ அவன் மனநிலை

பாதித்துள்ளது. இருப்பினும் அனைத்தையும் அறிவான்' என்று தேற்றிக் கொண்டு அவனுக்கே வழக்கம்போல் முதலிடம் அளிப்பதையும் பார்க்கலாம். இதே போன்று சாதாரணமாக வகுப்பில் பின்தங்கியவன் என்று ஒதுக்கப்பட்ட மாணவன் ஒரு தேர்வில் நன்றாக எழுதியிருந்தாலும், 'யாரையேனும் பார்த்து எழுதியிருப்பான்' என்று கருதி அவனுக்குக் குறைந்த மதிப்பெண்களைக் கொடுப்பதும் உண்டு.

6. ஆசிரியருக்குத் துணை செய்து, அவருக்கு உதவிகள் பல செய்து நன்மதிப்பைப் பெற்ற மாணவனுக்கு அவன் எழுதிய தகுதிக்கு மேல் மதிப்பெண்கள் பெறுவதும் உண்டு. இதற்குத் 'தாராள மனப்பான்மை பிழை' (Generosity Error) என்று பெயர்.

7. மாணவரது தெளிவான கையெழுத்து, அழகாக எழுதப் பட்ட முறை, பிழையின்மை, செய்திகளை ஒழுங்குபடுத்தி அமைக்கும் தன்மை, குறிப்பிட்ட நேரத்தில் முடிக்க வேண்டுதலால் வேகமாக எழுதும் தன்மை ஆகியவை எல்லாம் இவ் வகைத் தேர்வுக்கு அதிக மதிப்பெண்களைப் பெறத் துணை செய்கின்றன. இவற்றைப் பெற்றிராத மாணவன், எவ்வளவு செய்திகளை அறிந்தவனாயினும் மதிப்பு எண் அதிக அளவில் பெற வாய்ப்பில்லை.

8. கட்டுரைத் தேர்வில் சில நேரங்களில் வினாவுக்குரிய விடை தெரியாவிட்டாலும், சிறு செய்தியை மையமாகக் கொண்டு கதையடித்து (Bluffing) பக்கங்களை நிரப்பி விடுவார்கள்.

கட்டுரை முறைத் தேர்வில் மேற்கண்டவாறு குறைகள் பல இருப்பினும், அறவே இது பயனில்லை என்று ஒதுக்கிவிட முடியாது. இம் முறைத் தேர்வில் பல நன்மைகளும் உண்டு. அவை யாவன:

1. இத்தகைய சோதனையில் வினாத்தாளைத் தயாரிப்பது எளிது. சோதனையை மாணவருக்குக் கொடுத்து எழுதச் செய்வதிலும் தொல்லையில்லை.

2. கட்டுரைமுறைத் தேர்வில் மாணவரது கட்டுரை புனையும் ஆற்றலையும், கற்றறிந்த செய்திகளைத் தொடர்ச்சியாக வெளியிடுவதிலும் சுருக்கம் தயாரித்துக் கொடுபபதிலும் உள்ள திறமையையும் சோதிப்பதால், எந்தெந்தப் பகுதிகளில் இவ்வாற்றலைச் சோதித்து அறிய வேண்டுமோ அந்தப் பாடப் பகுதிகளில் இத் தேர்வினைப் பயன்படுத்தி அறியலாம்.

சாதாரணமாக மொழியறிவுப் பாடத்திற்கும், வேறு சில பாடங்களுக்கும் இம் முறைத் தேர்வு ஏற்றது.

3. மாணவரது படிக்கும் முறை, நடத்தப்பெறும் தேர்வு முறையைப் பொறுத்து, எவ்வளவு படிப்பது, எவ்வாறு படிப்பது என்று அமையும் என்பது அனைவரும் அறிந்த ஒன்று. கட்டுரை முறைத் தேர்வில் செய்திகள் மட்டுமன்றி, செய்திகளை அமைத்து வெளியிடும் முறையும் சோதிக்கப்படுகிறது என்பதனால், மாணவர்கள் பாடச்சுருக்கங்கள் தயாரிப்பதும், செய்திகளுக்குள்ள தொடர்பினை அறிவதும் போன்ற நல்ல பழக்கங்களை ஏற்படுத்திக்கொள்கின்றனர்.

எழுந்து முறைந் நேர்வுகளைப் பயன்படுந்தும் முறை: எழுத்து முறைத் தேர்வுகளைப் பற்றி எழுதப்படும் சர்ச்சை எல்லாம் வினாக்களுக்குரிய விடையைக் கட்டுரையாக எழுதுவதைப் பற்றி அன்று; வினாக்களைத் தயாரிக்கும் முறையைக் குறித்தும், விடைத்தாளை மதிப்பிடும் முறையைக் குறித்துமேயாகும். இவற்றைக் கருத்தில் கொண்டு, கட்டுரைத் தேர்வினை எவ்வாறு செய்ய இயலும் என்பதனைக் கீழே காண்போம்:

விடைத்தாளைத் தயாரிப்பதில் உள்ள குறைகளை நீக்க

1. அறிவியலில் எந்தெந்தப் பகுதிகளை இச் சோதனைகளைக் கொண்டு சோதித்தறியலாமோ அவற்றை மட்டும் இச் சோதனைமூலம் அறிவியல் அறிவைச் சோதிக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக, சோதனைக் கருவிகளின் அமைப்பு பற்றியும், சில சோதனைகளை அமைக்கும் முறையையும், செய்யும் முறையையும், சில அறிவியல் கருத்துகளைப் பற்றி விளக்கிச் சொல்லும்போதும் இத்தகைய சோதனைகளைப் பயன்படுத்தலாம்.

2. இச் சோதனைகளை மற்றப் புறவயச் சோதனைகளுடன் (Ob ective Tests) இணைத்து சோதனைத்தாளைத் தயாரித்தால் நிறையப் பாடப் பகுதிகளைச் சோதிக்கலாம்.

3. எல்லா வினாக்களுக்கும் விடையளிக்குமாறு செய்தல் வேண்டும். கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களில் விருப்பத்திற்கிணங்க, சிலவற்றை மட்டும் பொறுக்கி எடுக்கலாம் என்றால், சுலபமான வினாக்களை மட்டுமே பொறுக்கி விடையளிப்பார்கள். மேற்கொண்டு எல்லாப் பாடப் பகுதியையும் சோதித்து அறிய இயலாது. எல்லா வினாக்களையும் கடினத் தன்மையில் ஒரே மாதிரியாக அமைத்தல் என்பதும் இயலாத காரியம்.

4. வினுக்கள் தெளிவாக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். 'விரிவாக்க, விவாதிக்க, கருத்துகளை வெளியிடு' (Comments) போன்ற வினுக்களின் விடைகளை எப்படி வேண்டுமானுலும் அமைக்கலாம். எப்போதும் திருத்துபவரின் மனநிலைக்குத் தக்க மதிப்பீடு மாறுபாடு அமையும் ஆதலால், அதுபோன்ற தெளிவற்ற வினுக்களைத் தள்ளிவிட்டு, வினுக்களுக்குக் குறிப்பிட்ட ஒரே விடையே அமையுமாறு அமைத்தல் வேண்டும்.

மதிப்பீட்டில் உள்ள குறைகளை நீக்கும் வழிகள் : 1. ஒவ்வொரு வினுத்தாளுக்கும் ஒரு திறவுகோல் (Key) தயாரித்தல் வேண்டும். கட்டுரைத் தேர்வில் ஒவ்வொரு வினுவுக்கும் எதிர்பார்க்கும் விடைகளின் கூறுகளை ஒவ்வொன்ருகத் தயாரித்து, அவற்றிற்குக் கொடுக்க வேண்டிய மதிப்பெண்களைக் குறிப்பிட்டிருக்க வேண்டும்.

2. 'Halo Error', 'Generosity Error' போன்ற குறைகளை நீக்க மாணவரது பெயரை நீக்கிவிட வேண்டும்.

3. விடைத்தாள் ஒவ்வொன்றையும் முழுவதுமாக மதிப்பிடுவதைவிட, ஒவ்வொரு வினுவாக (Question-Wise) வரிசைக்கிரமமாக எல்லா விடைத்தாள்களையும் மதிப்பிடலாம், இதனுல் ஒரு வினுவுக்குரிய விடையின்மீது போதிய கவனம் செலுத்தி மதிப்பிட வசதியாய் அமையும்.

4 எல்லா விடைத்தாள்களையும் ஒரு முறை விரைவாக மேலெழுந்தவாரியாகப் படித்துவிட்டு ஐந்து பகுதிகளாகப் பிரித்துக் கொள்ளலாம்...மிக நன்று (A), நன்று (B), சராசரி (C), மோசம், குறைவு (D), மிகவும் மோசம் (E)... இவ்வாறு பிரித்தமைத்த பின், ஒவ்வொரு விடைத்தாளாகப் படித்து, மேலே பிரித்த முறையில் மாற்றம் செய்ய வேண்டுமாயின் மாற்றிக் கொள்ளலாம். மதிப்பெண்கள் கொடுப்பதைவிடக் 'கிரேடு'களாகக் கொடுப்பது நல்லது. இதுவே 'ஸிம்ஸ்' (Sims) என்பார் பயன்படுத்தும் முறையாகும்.

புறவயச் சோதனைகள் (Objective Tests)–வகைகள்

இவ் வகைச் சோதனைகளை இரண்டு பெரும்பிரிவுகளாக அமைக்கலாம். ஒன்றினை நினைவுகூர் ஆய்வுகள் (Recale Type) எனவும், மற்றொன்றினை உண்மைகளை அறிந்துகொள்ளும் ஆய்வுகள் (Recognition Type) எனவும் கொள்ளலாம். நினைவுகூர் ஆய்வுகளில் மாணவன் தான் கற்ற அனுபவத்தைப் பயன்படுத்திச் சரியான விடையை நினைவுகூர்ந்து எழுதுதல் வகையைச் சார்ந்தது.

இதில் எளிய நினைவுகூர் ஆய்வுகளும் (Simple Recall Type) காலியிடத்தைப் பூர்த்தி செய்யும் சோதனைகளும் (Completion Type) அடங்குவன. சரியான விடையை அறிந்து தேர்ந்தெடுக்கும் (Recognition Type) வகையில் விடையைப் பொறுக்கி எழுதுதல் (Multiple Choice) என்றும், பொருத்தி எழுதுதல் (Matching Tppe) என்றும் வகைப்படுத்தி அறிதல் அல்லது இனம் கண்டறிதல் (Grouping Type) உண்மை-பொய் சோதனைகள் (True or False) என்றும் பல வகைப்படும். சோதனைகளில் பெரும்பாலும் விடைகளுக்குரிய எழுத்தினை மட்டும் கொடுக்கப்பட்டுள்ள அடைப்புக்குள் குறிக்க வேண்டியுள்ளது. குறிப்பிட்ட விடைகளே (Specific Answers) அமைவதால், இவற்றைத் திருத்தும் ஆசிரியர்களின் மன நிலையினால் மதிப்பீட்டில் எவ்வித மாறுபாடும் தோன்றுவதில்லை. ஆகவே, இவற்றைப் புறவயச் சோதனைகள் (Objective Tests) என்றும், புதியதாக அமைக்கப்பட்டால் புதிய முறைச் சோதனைகள் (New Type Tests) என்றும் சொல்வர். இவற்றைப் பற்றி விரிவாக இங்குக் காண்போம்.

சோதனைகளின் வகைகள்

1. எளிய நினைவுகூர் சோதனைகள் (Simple Recall Type): இவ் வகைச் சோதனையில் அமைக்கப்பட்ட வினாக்களுக்குரிய விடை ஒரு சொல்லிலேயோ, ஒரு சொற்றொடரிலேயோ, ஒரு குறியிலேயோ (Symbol) அமையும்.

உதாரணமாக,

1. சோடியம் குளோரைடு என்ற பொருளுக்குச் சாதாரணப் பெயர் என்ன?
2. துருவகரணம் நீக்கியாக டேனியல் மின்கலத்தில் என்ன பொருள் பயன்படுத்தப்படுகிறது?
3. 1 கிராம் பனிக்கட்டியை அதே உஷ்ண நிலையில் முழுவதும் நீராக்கத் தேவையான வெப்பம் எவ்வளவு?
4. சோடியம் பைகார்பனேட்டுக்குரிய இரசாயனக் குறி என்ன?

2. முடித்தற் சோதனைகள் (Completion Tests) : இவ் வகைச் சோதனைகளில் ஒரு வாக்கியத்தின் முக்கியப் பகுதியில் உள்ள சொல்லை மறைத்துக் கோடிட்டு, அச் சொல்லை நினைவு கூர்ந்து எழுதும்படி அமைத்தல் ஆகும்.

1. புரோட்டான்கள் அணுவின்.................... பகுதியில் அமைந்து.....................மின் ஏற்றம் கொண்டவை.

2. உலோகங்களுள் மிகவும் இலேசான உலோகம்........... அதனுடைய இரசாயனக் குறியீடு....................

3. ஓர் அணுவின் எடை அதிலுள்ள.........பொருத்தும். ....பொருத்துமே அமைகின்றது.

1. இவ்வகைச் சோதனைகளை அமைக்கும்போது வாக்கியங்களில் நிறைய காலியிடங்களை விட்டு மாணவர் எதையும் அறிய முடியாத வகையில் அமைத்தல் கூடாது. முக்கியமான சொல்லை மட்டுமே மறைத்தல் வேண்டும்.

2. காலியிடத்தை வாக்கியத்தின் நடுவிலோ, பிற்பகுதியிலோதான் அமைத்தல் வேண்டும். தொடக்கத்திலேயே அமைத்தல் கூடாது.

3. ஏதாவது அளவீடுகளைப்பற்றிய வினவாயின், அலகினைக் குறித்துக் காட்டுதல் வேண்டும்.

3. பொறுக்குச் சோதனைகள் (Multiple Choice): இச் சோதனைகள் மிகச் சிறந்த முறையில் அமைக்கப்பட்டால்' மாணவர்களது அறிவியல் அறிவைச் சோதிப்பதற்கு நல்ல கருவி என்பதை உணரலாம். இவ் வகைச் சோதனைகளில் பொருள் பற்றிய ஒரு சரியான சொற்றொடரோ, உரிய சொல்லோ தவறானவற்றுடன் சேர்த்து கொடுக்கப்பட்டிருக்கும். அவ்வாறு கொடுக்கப்பட்டவற்றிலிருந்து சரியான விடையை மட்டும் பொறுக்கி அதனுடைய குறியினை மட்டும் கொடுக்கப்பட்டுள்ள அடைப்பினுள் கீழே காட்டியவாறு குறித்தல் வேண்டும். ஒவ்வொரு வினவிற்கும் ஐந்துவிடைகள் கொடுக்கப்பட்டிருந்தாலும், அவ்வைந்தில் ஒன்றை மட்டும் மிகவும் பொருத்தமாகவும், சரியாகவும் அமைத்தல் வேண்டும்.

எடுத்துக்காட்டு :

1. ஒரு தனிமத்திலுள்ள எலக்டிரான்களின் எண்ணிக்கை (அ)

(அ) அதனுடைய கருவில் உள்ள புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்தது.

(ஆ) அதனுடைய கருவில் உள்ள நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்தது.

(இ) நியூட்ரானின் எண்ணிக்கையையும், புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கையையும் கூட்டினுல் அதற்குச் சமம்.

(ஈ) அணுவின் எடையிலிருந்து புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கையைக் கழித்தால் கிடைக்கும்

(உ) நியூட்ரான்களின் எண்ணிக்கையிலிருந்து அணு எண்ணைக் கழித்தால் கிடைக்கும்.

2. அயோடினின் எடை 127. அணு எண் 53. அதனுடைய கருவில் உள்ள புரோட்டானின் எண்ணிக்கை (ஆ)

(அ) 7 (ஆ) 53 (இ) 74 (ஈ) 127 (உ) 180

3. ஒரு விஞடி ஊசலின் நீளம் (அ)

(அ) 100 செ. மீ. (ஆ) 49 செ. மீ. (இ) 60 செ.மீ. (ஈ) 84 செ. மீ. (உ) 112 செ. மீ.

4. எரிபொட்டாஷ் என்பது (அ)

(அ) எரிகாரம். (ஆ) அமில ஆக்ஸைடு, (இ) மென் காரம், (ஈ) குறிகாட்டி, (உ) வாயுப்பொருள்.

5. அணுவின் எடை, அணுவின் மொத்த கன அளவில் ஒரு சிறு பகுதியில் அடங்கியுள்ளது. கீழ்க்கண்ட சோதனைகளில் கிடைத்த எந்த சான்று இந்தக் கருத்தைப் புலப்படுத்துகிறது ? (உ)

(அ) வாயுக்களை அழுத்திக் குறைந்த கன அளவாகச் செய்யலாம்.

(ஆ) வாயுக்கள் ஒன்றோடொன்று கலக்கின்றன.

(இ) சில பொருள்கள் ஒளி ஊடுறுவும் தன்மை வாய்ந்தவை.

(ஈ) இரசாயன கிரியையில் எடை நஷ்டமோ, இலாபமோ ஏற்படுவதில்லை.

(உ) 'ஆல்பா' துகள்கள் மெல்லிய தங்கத்தகடுகளைத் துளைத்துக்கொண்டு தங்களுடைய பாதையினின்றும் விலகாமல் செல்லுகின்றன.

(1) இவ் வகைச் சோதனைகளை அமைக்கும்போது, ஒவ்வொரு விஞவிற்கும் குறைந்தது 5 விடைகளாவது கொடுத்தால், சரியான விடையைப் பொறுக்குவது கடினமாகலாம்.

(2) நன்குகக் கற்றுத்தேருத மாணவனுக்கு இந்த 5 விடைகளும் சரியானது போலத் தோன்றுமாறு அமைத்தல் வேண்டும். ஆனுல் ஐந்தில் ஒன்று மட்டுமே முற்றிலும் சரியாகவும், பொருத்தமானதாகவும் அமைதல் வேண்டும்.

4. பொருத்தற்சோதனைகள் (Matching Type): இவ் வகைச் சோதனைகளில் வாக்கியங்களை இரண்டு பகுதிகளாகப் பிரித்து ஒரு பாதியை ஒரு பகுதியிலும், மற்றப் பாதியை மற்றொரு பகுதியிலும் வரிசைக்கிரமமாக இல்லாமல் முன்னும் பின்னுமாக அமைத்து, ஒன்றோடொன்று பொருந்தும் வகையில் இணைப்பதேயாகும். இவற்றில் இரண்டு பகுதிகளிலும் சம அளவு தொடர்கள் அமைக்காமல், ஒரு பகுதியில் மற்றொன்றைவிட அதிகமான எண்ணிக்கையுள்ள தொடர்கள் அமைத்தால் இறுதி வாக்கியத்தின் விடையை அறிவதும் கடினமாகும். கீழ்க் கண்டவாறு சோதனைகளை அமைத்தல் வேண்டும்:

'B' பகுதியில் சில அறிவியல் அறிஞர்களின் பெயர்களும், 'A' பகுதியில் சில கருவிகளின் பெயர்களும் பொருள்களும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. 'A' பகுதியிலுள்ள கருவிகள் ஒவ்வொன்றையும் கண்டுபிடித்த அறிஞரின் பெயரைத் தேர்ந்தெடுத்து, அவ்விடைக்குரிய இலக்கத்தை அடைப்புக்குள் குறிக்க வேண்டும்:

'A' பகுதி	'B' பகுதி	
ஊசல்	1. டீசல்	( )
ஆகாய விமானம்	2. ஹென்றி போர்டு	( )
தொலைபேசி	3. கிரகாம்	( )
நீராவி என்ஜின்	4. கலிலியோ	( )
பாதரச ஈடுசெய்த ஊசல்	5. லெக்லாஞ்சி	( )
நியூட்ரான்	6. கியூரி அம்மையார்	( )
ரேடியம்	7. சாட்விக்	( )
கதிரியக்கம்	8. இராபர்ட் பாயில்	( )
	9. ரைட் சகோதரர்கள்	( )
	10. ரூதர்போர்டு	( )
	11. கிரகாம்.பெல்	( )
	12. ஜேம்ஸ் வாட்	( )

(1) இதில் ஒரு பகுதியில் அமைந்த சோதனைகள் (Items) எல்லாம் ஒரே தன்மை வாய்ந்தனவாக (Homogenous) அமைதல் வேண்டும். ஒன்றில் அறிவியில் அறிஞர்களும், மற்றொன்றில் அவர் கண்டுபிடித்த பொருள்களும், ஒன்றில் அறிவியலில் பயன்படுத்தும் கருவிகளும், மற்றதில் அவற்றின் உபயோகங்களும், ஒன்றில் உலோ

கங்களும், மற்ருெரு பகுதியில் அவற்றின் தாதுக்களு மாகக் கொடுக்கப்பட்டிருக்கலாம்.

(2) இரண்டாம் பகுதியில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள தொடர் களின் எண்ணிக்கை முதற்பகுதியைவிட அதிகமாக இருத்தல் வேண்டும்.

(3) இரண்டாம் பகுதியிலுள்ள தொடர்களை ஒன்றுக்கு மேற் பட்ட முறையில் உபயோகிக்கலாமா என்பது பற்றிய தெளிவான குறிப்புகள் கொடுக்கப்பட வேண்டும்.

மெய்–பொய் சோதனைகள் (True or False): இவ் வகைச் சோதனைகளில் சில வாக்கியங்களைக் (Statements) கொடுத்து, அவற்றில் கூறியுள்ள தத்துவங்கள் உண்மையாயின் உண்மை (True) என்பதற்கு (T) என்ருே, (√) என்ற குறியீட்டையோ அவ் வாக்கியங்களுக்கு எதிரில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள அமைப் புக்குள் எழுதுதல் வேண்டும். அவ்வாறு இல்லாமல் அவற்றின் பொருள் தவருயின், தவறு (False) என்று குறிப்பதற்கு (F) என்ற எழுத்தையோ, (X) என்ற அடையாளத்தையோ குறிக்கலாம்.

எடுத்துக்காட்டு

(1) விமானம் திசை திரும்பும்போது பயன்படும் கருவிக்கு எயிலரான்கள் என்று பெயர்.

(2) எந்த ஒரு தனிமத்தின் வெளிச்சுற்றில் எலக்டிரான்கள் முழுவதும் நிறைந்து உள்ளனவோ அந்தத் தனிமம் இரசாயன கிரியையில் மிகவும் சுறுசுறுப்புடையது.

(3) அணுக்கள் மின்தன்மையைப் பொருத்துச் சமநிலையு டையன.

(4) காற்றின் கனஅளவும், அழுத்தமும் நேர்விகிதப் பொருத்த முடையன.

(5) உப்பு மூலங்கள் என்பவை உலோக ஆக்ஸைடுகள் ஆகும்.

(1) இவ் வகைச் சோதனைகளை அமைக்கும்போது, எந்தவித ஒழுங்கையும் பயன்படுத்தக் கூடாது. உண்மையான பொருள் அமைந்த வாக்கியங்களை முதலில் வரிசையாகவும், பின் தவருனவற்றைத் தொடர்ச்சியாகவும் அமைக்காமல் இரண்டு விதமாகக் கருத்துகளையுடைய வாக்கியங்களையும் ஒழுங்கில்லாமல் அமைத்தல் வேண்டும்.

(2) அடைப்புக்குள் எழுதும் குறியினைத் தெளிவாக எழுதும்படி செய்தல் வேண்டும். தவறு என்பதையும், சரி என்பதையும் குறிக்கும் எழுத்துகள் வேறுபடுத்தி அறியும் வகையில் அமைதல் வேண்டும்.

(3) சில நேரங்களில் மாணவர் உத்தேச விடைகளைக் கொடுப்பதைத் தவிர்க்கும்பொருட்டு, கொடுக்கப்பட்டுள்ள வாக்கியங்கள் தவறு என்று கருதினால், அவற்றைத் திருத்தி எழுதுக என்றும் சொல்லப்படும். இதிலிருந்து மாணவரது உண்மையான அறிவைக் காணலாம்.

(4) சில தேர்வுகளில் இவற்றை மாற்றி, தவறான பொருள் அமைந்த வாக்கியங்கள் சிலவற்றை அமைத்து, தவறான பகுதியை மட்டும் சுட்டிக் கோடிட்டுக் காட்டி, அவற்றை மட்டும் சரியாகத் திருத்தி எழுதுமாறு அமைக்கலாம்.

இனம் கண்டு அறிதல் (Grouping Tests) : இவ் வகைச் சோதனைகளில் ஒவ்வொரு வினாவிலும் சில பொருள்களைக் கொடுத்து, அப் பொருள்களின் தன்மையில் பொருந்தாத வேறு ஒரு பொருளையும் அமைத்து, அவ்வாறு பொருந்தாத பொருளைமட்டும் பிரித்து அறியுமாறு செய்தலே ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டு :

(1) ஈரப்பதமானி, பாரமானி, அனிமா மீட்டர், அம் மீட்டர், தெர்மாமீட்டர் (கால நிலை காண உதவும் கருவிகள்)

(2) வோல்ட், ஆம்பியர், டைன், ஓம், வாட் (மின்னோட்டத்தைக் குறிக்கும் அலகுகள்)

புறவயச் சோதனைகளால் ஏற்படும் நன்மைகள்

1. இவ் வகைச் சோதனைகளில் அதிக அளவில் ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் எழுத வேண்டிய அவசியமின்மையால், பாடப்பகுதி முழுவதையும் சோதிக்கும் வகையில் அதிக வினாக்களை (Extensive Sampling) அமைக்க இயலும். ஒரு மணி நேரத்திற்குள் விடை அளிக்கக்கூடிய 100 வினாக்களைக் கொண்ட வினாத்தாளைக்கூட அமைக்கலாம்.

2. இச் சோதனைகளின் மதிப்பீடுகள் முற்றிலும் புறவயத் தன்மை (Objectvity) வாய்ந்தவை. அளிக்கப்படும் விடைகள் மிகச் சுருக்கமாகவும், பெரும்பாலும் ஒரே வார்த்தையில் அல்லது ஒரே எழுத்தில் அமைவதால், வேறு ஒரு விடை அமைய முடியாது. மதிப்பிடுவதில் எவ்வித முரண்பாட்டிற்கும் வழி இல்லை.

3. மதிப்பிடுதலை மிக விரைவாகச் செய்ய முடியும். சில நேரங்களில் பொறுக்கு ஆய்வுகளை மதிப்பிட, ஓர் இயந்தர அமைப்பில் மதிப்பீட்டுத் திறவுகோல் (Scoring Key) அமைத்துச் செய்வதும் உண்டு. தனியாக ஒரு விடைத் தாளில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள விடைகளின் எழுத்துகள் எல்லாம் ஒவ்வொரு வினாவின் எண்ணுக்கும் எதிரில் வரிசையாகக் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும். ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் பொருத்தமான விடையை மட்டும் பொறுக்கி, அதனுடைய குறியினைக் கொடுக்கப்பட்டுள்ள விடைத்தாளில் மாணவர்கள் கறுப்பாக்கியோ, அடித்தோ காட்ட வேண்டும். மதிப்பீட்டு அட்டையில் (Scoring Key) சரியான விடையினுக்குரிய எழுத்தினைமட்டும் துவாரம் செய்யப்பட்டிருக்கும். அதை விடைத்தாள் ஒவ்வொன்றின்மீது வைத்தால், துவாரத்தின் வழியாகத் தெரிகின்ற குறிகளையெல்லாம் எண்ணிச் சரியான விடை அளிக்கப்பட்ட விடைகளைக் கணக்கிட்டு, அவற்றிற்குரிய மதிப்பெண்களைக் கொடுக்கலாம். இது மிகவும் எளிய முறை. விரைவாக மதிப்பிடுவதற்கு இது சிறந்த சாதனம்.

விடைத்தாள்

1.	அ	ஆ	இ	ஈ	உ
2.	அ	ஆ	இ	ஈ	உ
3.	அ	ஆ	இ	ஈ	உ
4.	அ	ஆ	இ	ஈ	உ
5.	அ	ஆ	இ	ஈ	உ
		·		·	

மதிப்பிடும் அட்டை

1.	அ	○	இ	ஈ	உ
2.	அ	ஆ	இ	○	உ
3.	○	ஆ	இ	ஈ	உ
4.	○	ஆ	இ	ஈ	உ
5.	அ	ஆ	இ	ஈ	○
		○		○	

4. கட்டுரைத் தேர்வில் உள்ளதுபோல் அதிக அளவு எழுத வேண்டியதில்லை. பெரும்பாலான நேரம் வினாவினைப்பற்றிச் சிந்தித்தே எழுத வேண்டியுள்ளது. இதில் கதை அளப்பதற்கு (Bluffing) இடமில்லை.

5. பாடப்பகுதி முழுவதும் சோதிக்கப்படுவதால் நம்பகத் தன்மை (Reliability) வாய்ந்தது.

6. அறிவியலில் எதை அளக்க வேண்டுமோ, அதை மட்டும் குறிப்பாகச் செய்திகளை மட்டுமே அளப்பதால், ஏற்புடைமை (Validity) வாய்ந்தவை. மொழி ஆற்றல் வேண்டுமென்ற அவசியமில்லை.

குறைகள்

1. மாணவர்கள் தாங்கள் அறிந்த செய்திகளைத் தொகுத்து, ஒழுங்கமைத்து, வெளியிடும் ஆற்றல் வளர்க்கப்படுவதில்லை. இப் பயிற்சியே முற்றிலும் தவிர்க்கப்படுகின்றது.
2. செய்திகளைச் சோதிப்பதை மட்டுமே அடிப்படையாகக் கொண்டதால், ஆய்வகச் சோதனைகள் செய்யப்படும் குறைகள், கருவிகளின் அமைப்புகள் பற்றிய விவரமான அறிவைச் சோதிக்க வாய்ப்பில்லை.
3. மாணவர்களுக்கு உத்தேச விடை அளிக்கும் வாய்ப்புகள் ஏற்படுகின்றன.
4. இம் முறையில் வினாத்தாள் தயாரிப்பது மிகவும் கடினம் என்னும், இவற்றினால் ஏற்படும் பயன்கள் கருதி, இதை ஒரு பெரும் குறையாகச் சொல்ல முடியாது.

புது முறையில் சோதனைத்தாள் தயாரிக்கும் முறை

1. இச் சோதனைகளைப் பயன்படுத்திய முறையிலிருந்து, நினைவு கூர் ஆய்வுகளை விடையளிப்பதற்கு 2 வினாக்களுக்கு 1 மணித் துளியும், பொறுக்கு ஆய்வுகளை விடையளிப்பதற்கு 2 வினாக் களுக்கு 1 மணித்துளியும், சரியா - தவறு ஆய்வுகளை விடை யளிப்பதற்கு 3 வினாக்களுக்கு 1 மணித்துளியும் தேவைப்படு கின்றன
2. இவ்வகை ஆய்வில் வினாக்களை அமைக்கும்போது, சுலபத்தி லிருந்து கடினமாக அமையுமாறு அமைத்தல் சிறந்தது.
3. இவ் வகைச் சோதனைகள் மாணவருக்குப் பழக்கமில்லை யாயின், ஒவ்வொரு வகைச் சோதனைகளுக்கும் ஒரு மாதிரி கொடுத்து, எவ்வாறு விடையளிப்பது என்ற குறிப்புகளையும் கொடுத்தல் வேண்டும்.
4. உத்தேச விடைகளை அளிக்காதிருக்குமாறு மாணவருக்கு அறிவுறுத்த வேண்டும். நினைவுகூர் ஆய்வுகளில் உத்தேச விடைகள் அளிக்கும் வாய்ப்பு ஏதும் இல்லை. சரியா-தவறு விடையில் வாய்ப்புகள் 50-50 என்ற அளவில் அமை கின்றன. பொறுக்கு விடைத்தேர்வில் 5 விடைகளிலிருந்து ஒன்றைமட்டும் தேர்ந்தெடுப்பதால், வாய்ப்புகள் 20 விழுக்

காடுதான் ஆகும். எனினும், உத்தேச விடைகள் கொடுப்பதைத் தவிர்க்கும்பொருட்டு, தவறான விடைகள் அமைந்தவற்றைக் கணக்கிட்டுப் பின்வரும் வாய்பாட்டைக் கொண்டு கிடைத்த மதிப்பெண்களிலிருந்து தவறான விடைக்குரிய மதிப்பெண்கள் குறைக்கப்படும்.

$$S = R - \frac{W}{N-1}$$ என்ற வாய்பாட்டில்

S என்பது மாணவருக்கு இறுதியில் கொடுக்கப்படும் மதிப்பெண்.

R என்பது சரியான விடைகள்.

W என்பது தவறான விடைகள்

N என்பது ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் கொடுக்கப்பட்ட விடைகளின் எண்ணிக்கை. பொறுக்குத் தேர்வில் ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் 5 விடைகள் கொடுக்கப்பட்டிருந்தால் $N = 5$ என்பதாகும்.

சாதாரணமாக இந்த வாய்பாடு பொறுக்குத் தேர்வு வினாக்களுக்கும், சரியா-தவறா வினா வகைகளுக்குமே பொறுத்தமுடையது. குறைந்த அளவு விடைகள் ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் கொடுக்கப்பட்டிருந்தால், இவ் வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்தி, மதிப்பெண்களைக் குறைக்கலாம். இணைப்புச் சோதனைகளுக்கு இவ் வாய்பாட்டைப் பயன்படுத்த வேண்டியதில்லை.

அளவிடுதல் (Evaluation)

கல்வித்துறையில் அளவிடுதல் என்பது புதிய சொல்லாகும். இதுவரை பயன்படுத்திய சோதனைகள் மாணவரை அளவிடுதல் என்ற குறுகிய நோக்கோடு நின்றன. கற்பித்தல், கற்றலின் காரணமாக நிகழும் பல்வேறு விளைவுகளையும் அளவிட்டு அறிதல் இன்றியமையாதது ஆகும். ஆகவே, கல்வியின் நோக்கங்களையும், கல்வி கற்பிக்கும் முறைகளையும் தொடர்ச்சியாக அளவிட்டு அறிதலே இக் கால அளவியலின் நோக்கமாகும். மாணவர்கள் தங்களைத் தாங்களே மதிப்பீட்டுச் செய்துகொள்ளுதல் இதில் அடங்கும். அவர்களுடைய குறைகளையும் ஆசிரியர் அறிவதற்கு இவ் வகை அளவியல் வாய்ப்பளிக்கிறது.

அளவியல் என்பது சாதாரணமாகப் பயன்படுத்தப்படும் 'மதிப்பிடுதல்' என்பதிலிருந்து வேறுபட்டது. இக் கால அளவியல் கல்வியின் பல்வேறு கூறுகளுடன் தொடர்பு கொண்டது. கல்வி

கற்பித்ததன் விளைவுகளை மட்டும் அளவிடாது, கல்வி கற்பித்தலின் முறைகளையும் அளவிட்டு அறிகின்றது. மாணவர்கள் கற்றறிந்த செய்திகளை மட்டும் அளவிடாது, அவர்களது மனப்பான்மைகள், கவர்ச்சித் திறன்கள், கைத்திறன்கள், அவர்களது பாராட்டுத் திறன்கள் முதலியவற்றையும் அளந்தறிகின்றது.

கற்பித்தலின் நோக்கங்கள் (Objectives) : கற்றல் அனுபவங்கள் (Learning Experiences), மதிப்பீடு (Evaluation) ஆகியவை ஒன்றோடொன்று இணைந்தவை. இம் மூன்றினையும் ஒரு முக்கோணத்தின் மூன்று முனைகளுடன் ஒப்பிடலாம். மாணவனது கல்வி வளர்ச்சியினை அறியப் பள்ளி ஆண்டின் இறுதியில் மட்டும் தேர்வு நடத்துவது சரியன்று. கல்வி நிலையின் தொடக்கத்தில் ஒரு மாணுக்கன் எந்த நிலையில் இருந்தான் என்றும், கற்றலின் விளைவாக எழும் பல்வேறு நடத்தை மாற்றங்களைப் (Behavioural Changes) பொருத்தமான சோதனைகளைக்கொண்டு அளவிடுதலும், இம் மாற்றங்கள் விரும்பத்தக்கதாயும், போதிய அளவு உள்ளனவா என்பதும் இன்றைய கல்வி மதிப்பீட்டில் அடங்கியுள்ளன.

தற்கால அளவியலின் நோக்கங்கள்

1. கற்பித்தலின் நோக்கங்கள் உண்மையிலேயே சிறந்தவை தானா என்று சோதித்து, தேவையானால் மாற்றியமைக்கவும் துணை செய்வதற்குப் பயன்படுகின்றன. நோக்கங்களை நிறைவேற்ற முடியாவிடில், என்ன காரணங்களால் நிகழவில்லை என்பதனையும் ஆராய்கின்றது.

2. கற்பிக்கும் முறைகள், நோக்கங்களை நிறைவேற்றும் வகையில் பயனளிக்கின்றனவா என்று சோதித்து அறிகின்றது.

3. பாடப்பொருள்கள் உளவியல் அடிப்படையிலும், தர்க்க ரீதியிலும் அமைக்கப்பட்டுள்ளனவா என்று அறிய உதவுகிறது.

4. மாணவரின் பல்வேறு துறைகளிலும் ஏற்படும் வளர்ச்சியினை ஆராய்ந்து எதிர்காலத்தில் எத் துறையில் வெற்றி பெற மாணவனுக்கு வாய்ப்புண்டு என்பதையும் அறிந்து சொல்கிறது.

5. சோதனை முறையைத் தேவையானால் மாற்றி அமைக்கவும், சோதனைக் கருவிகளைப் புதியவையாக அமைக்கவும் வழி செய்கின்றது.

நோக்கங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு தயாரிக்கப்படும் சோதனை

சிறந்த ஒரு சோதனை நம்பகத்தன்மை உடையதாகவும், தகுதியாற்றல் படைத்ததாகவும், புறவயத்தன்மை உடையதாகவும் இருக்க வேண்டும் என்று முன்னர்க் கண்டோம். இது போன்ற சோதனையைத் தயாரிப்பது என்பது எளிதல்ல. இத்தகைய தேர்வு தயாரிப்பதற்குக் கீழ்க்கண்ட முறையில் பல படிகளைக் கையாள வேண்டும்:

1. சோதனையைத் திட்டமிடுதல்.
2. சோதனைத்தாளைத் தயாரித்தல்.
3. சோதனையைக் கொடுத்தல்.
4. விடைகளைத் திருத்தி மதிப்பிடுதல்.
5. சோதனையை மதிப்பிடுதல்.

சோதனையைத் திட்டமிடுதல்

சோதனையை அமைக்கத் திட்டமிடுதலில் கீழ்க்காணும் பிரிவுகளைக் கவனத்தில் கொள்ள வேண்டும்:

நோக்கங்கள் : குறிப்பிட்ட பகுதிகளைக் கற்பிக்கும் நோக்கங்களைத் தேர்ந்தெடுத்து, அவற்றை வகைப்படுத்தி, நடத்தை முறைகளாகப் (Behaviour Patterns) பிரித்தல் வேண்டும். ஒரு குறிப்பிட்ட நோக்கத்தை அடிப்படையாகக் கொண்டு கற்பித்தபின், மாணவர்களிடம் காணப்படுகின்ற அல்லது அவர்கள் வெளிப்படுத்துகின்ற நடத்தை முறைகளால் (Behaviour Patterns) அந் நோக்கம் நிறைவேறியது என அறிந்துகொள்ளலாம். ஆகவே, சோதனைகள் அமைக்கும் போது ஒவ்வொரு நோக்கத்தின் அடிப்படையில் மாணவர்கள் வெளிப்படுத்துகின்ற நடத்தைகளைச் சோதிக்கும் வகையில் அமைக்க வேண்டும்.

நோக்கங்கள், நடத்தை மாற்றங்கள்

பொருளியல் பாடம் கற்பிப்பதன் நோக்கங்களைப் பொதுவாகக் கீழ்க்காணும் முறையில் அமைக்கலாம்:

1. அன்றாட வாழ்க்கையில் பயன்படும் அறிவியல் அறிவைப் பெறுவதும், புரிந்துகொள்வதும்.
2. கற்றறிந்த அறிவைப் புதிய நிலைமைகளில் (New Situations) பயன்படுத்தி, அவற்றைப் புரிந்துகொண்டு செயலாற்றுதல்.
3. சோதனைகளை அமைத்து செயலாற்றுவதன் மூலமாகவும் துல்லியமான கருவிகளைப் பயன்படுத்துவதன் மூலமாகவும் திறன்களை வளர்த்தல்.

4. அறிவியல் மனப்பான்மைகளை வளர்த்தல்.
5. அறிவியல் கருத்துகள் இயற்கையிலும், சமூகத்திலும் இணைந்திருக்கும் விதத்தைக் கண்டு பாராட்டி மகிழ்தல்.
6. அறிவியலில் ஆர்வத்தை ஏற்படுத்தி, அதில் சிறப்புப் பெற ஊக்குவித்தல்.
7. எளிய கருவிகளைப் படைப்பதற்குரிய திறமையை வளர்த்தல்.

இவ்வாறு பொதுவாக நோக்கங்களின் அடிப்படையில் கற்பித்த பின், மாணவர்கள் குறிப்பிட்டவாறு செயல்களில் அல்லது நடத்தைகளில் ஈடுபடலாம். எடுத்துக்காட்டாக, மேலே குறிக்கப்பட்ட நோக்கங்களுள் மூன்றுக்கு மட்டும் மாணவரிடம் காணக்கூடிய நடத்தைகளைக் குறிப்பிடுவோம்:

நோக்கம் 1 : அன்றாட வாழ்க்கையில் பயன்படும் அறிவியல் அறிவைப் பெறுவதும், புரிந்து கொள்வதும்.

காணப்படும் நடத்தை மாற்றங்கள்: 1. கற்ற செய்திகளை நினைவில் நிறுத்திக்கொண்டு, வேண்டும்பொழுது வெளிப்படுத்துதல்.

2. கருவிகளின் அமைப்பைப்பற்றியும், அவற்றின் உபயோகங்கள்பற்றியும் அறிதல்.
3. பொருள் ஒவ்வொன்றுக்கும் உள்ள தொடர்பை ஏற்படுத்துதல்.
4. பொருள்களின் ஒற்றுமை, வேற்றுமைகளை அறிதல்.
5. பாடப் பொருள்களை வகைப்படுத்தி அறிதல்.
6. வினைக்கும் - விளைவுக்கும் (Cause-Effect) தொடர்பினை அறிதல்.
7. கிடைத்த தகவல்களிலிருந்து உண்மையைப் பகுத்துணருதல்.

நோக்கம் 2 : கற்றறிந்த அறிவைப் புதிய நிலைமைகளில் (New Situations) பயன்படுத்தி அவற்றைப் புரிந்துகொண்டு செயலாற்றுதல்.

நடத்தை மாற்றங்கள் : 1. குறிப்பிட்ட நிகழ்ச்சியில் அடங்கியுள்ள, அறிவியல்தத்துவத்தை இனம் கண்டு கொள்ளுதல்.

2. நிகழ்ச்சியையும், தத்துவத்தையும் இணைத்து அறிந்து, அதிலிருந்து முடிவுகளையும் கண்டு உணர்தல்.
3. அறிவியல் கருவிகளை அன்றாட வாழ்க்கையில் பயன்படுத்தும் முறையினை அறிதல்.

4. உண்மைகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு துணிவு (Prediction) கொள்ளுதல்.
5. புதிய செய்தியை அறிய சரியான வழியை அமைத்தல்.

நோக்கம் 3 : சோதனைகளை அமைத்துச் செயலாற்றுவதன்மூலமாகவும், துல்லியமான கருவிகளைப் பயன்படுத்துவ தன்மூலமாகவும் துல்லியமான கருவிகளைப் பயன்படுத்துவதன்மூலமாகவும் திறன்களை வளர்த்தல்.

நடத்தை மாற்றங்கள் : 1. பிரச்சினையைத் தீர்ப்பதற்கு அறிவியல் நோக்கை முக்கியமாகச் சோதனை முறையைப் பின்பற்றுதல்.

2. பின்பற்றும் முறைகளையும், சேகரித்த விவரங்களையும் மதிப்பிடுதல்.
3. சேகரித்த தகவல்களைப் பாகுபாடு செய்து உய்த்துணர்தல்.
4. சேகரித்த தகவல்களை ஒழுங்கமைத்து, பொது விதியைக் காணல்.
5. சாதாரணமாக ஏற்படும் பிரச்சினைகளுக்கு உண்மைகளையும், தத்துவங்களையும் பயன்படுத்துதல்.
6. அறிவியல் சிந்தனையின் பல்வேறு தன்மைகளையும் உணர்தல்.

இதே போன்று இரசாயன பாடத்திற்கும் நோக்கங்களையும், நடத்தை மாற்றங்களையும் அமைக்கலாம். இரசாயன பாடத்திற்கான பொதுவான நோக்கங்களை மட்டும் ஈண்டுக் காண்போம்:

நோக்கங்கள் : 1. இரசாயனத்தின் அடிப்படை உண்மைகளையும், தத்துவங்களையும் அறிதல்.

2. அறிவியல் கருவிகளைப் பயன்படுத்தலும், கையாளும் திறமையைப் பெறுதலும்.
3. சோதனைகளைச் செய்து சான்றுகளை அறிவியல் முறையில் கொடுத்தல்.
4. அன்றாட வாழ்க்கையில் இரசாயனம் பயன்படுத்துகின்ற முறையினை அறிதல்.
5. ஆராயும் மனப்பான்மையை வளர்த்தல்.
6. மக்களின் வாழ்க்கையையும், பொருளாதாரத்தையும் இரசாயண ஆராய்ச்சிகள் எவ்வாறு கட்டுப்படுத்தப்படுகின்றன என்பதையும் உணர்தல்.
7. இயற்கையில் இரசாயன அறிவு பயன்படுவதை அறிந்து பாராட்டுதல்.



சோதனைகள் (Tests) நடத்தும்போது நோக்கங்கள் நிறைவேறினவா என்று அறிய மாணவரது நடத்தைகளையே அடிப்படையாகக் கொண்டு சோதித்து அறிதல் இயலும்.

(i) பொருள் : எவ்வளவு பாடப்பொருளைச் சோதனை செய்வது என்பதை அறிதல் வேண்டும்.

(ii) சோதனை வினாக்கள் : எவ்வளவு வினாக்கள் அமைப்பது என்பது, நாம் கொடுக்கும் காலத்தையும், எந்த முறையில் சோதனை செய்வது என்பதையும், எவ்வளவு பகுதி சோதிக்கப்பட வேண்டும் என்பதையும் பொருத்து அமையும்.

(iii) பாடப் பொருள்களை அவற்றின் முக்கியத்துவம் கருதி எடையிடுதல் (Distribution of Weightage).

திட்டப்படம்

நோக்கங்களையும், பாடப்பொருளையும், எவ்வளவு வினாக்களை எம் முறையில் அமைப்பது என்பதையும் முடிவு செய்த பின்னர், எந்தெந்த நோக்கங்களுக்கு எப் பாடப் பொருளுக்கு அதிக முக்கியத்துவம் கொடுப்பது என முடிவு செய்து, அதற்கேற்ப வினாக்களை அப் பகுதிகளில் அமைப்பதற்கு 'எடையிடுதல்' (Weightage) எனப்படும். முன்னர்க் குறித்தவாறு ஒவ்வொரு நோக்கத்தையும் பல நடத்தைக் கூறுகளாகப் பிரித்து, ஒவ்வொரு நடத்தைக்கும் எடை போடப்படுகிறது. இம் முறையில் சோதனை வினாக்களை அமைப்பதற்கு, ஒரு திட்டப்படம் (Blue-Print) வரைந்து கொள்வது நல்லது. இப் படத்தில் சோதனை வினாக்கள் பாடப் பொருளைக்கொண்டும், நடத்தைக் கூறுகளைக் கொண்டும் அமைக்கப்படுகின்றன. படத்தில் மொத்தத்தில் 100 வினாக்களைக் கொண்டு அமைப்பதாகத் திட்டமிட்டு, செய்திகளை அறிந்துள்ளமைக்கும் புரிந்து கொண்டமைக்கும் 60 வினாக்களும், நடைமுறையில் பின்பற்றுவதற்கு 40 வினாக்களும் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றையும் நடத்தைக் கூறுகளின் அடிப்படையில் மேற்கொண்டும் பிரிக்கலாம். கடைசியில் மொத்தத்தில் 100 வினாக்களையும், பாடப்பொருளின் அடிப்படையில் நோக்கங்களைக் கொண்டு மாணவர் வெளிப்படுத்தும் நடத்தைகளை அளவிட்டு, எல்லாப் பகுதிகளையும் அளவிடப்படுகின்றன.

சோதனைத்தாள் தயாரிக்கும் முறை

சோதனைத்தாளைத் தயாரிக்கும் முறை முன்னரே விரிவாகக் கூறப்பட்டுள்ளது. சோதனையில் இணைக்கப்படும் வினாக்கள் கட்டுரை முறைத் தேர்விலும், புதுமுறையிலும் சேர்ந்து அமை

திட்டப்படம் (Blue Print)

நோக்கங்கள் (Objectives)	செய்திகளை அறிதலும், புரிந்துகொள்ளுதலும் 60% (Knowledge and Understanding)					கற்ற செய்திகளைப் புதிய நிலைகளில் பயன் படுத்துதல் 40% (Application)					
நடத்தைகள் (Behaviours)	செய்திகளை நினைவில் நிறுத்தி வெளியிடுதல்	கருவியின் அமைப்பைப் பற்றியும் பயனைப் பற்றியும் அறிதல்	செய்திகளின் தொடர்பை ஏற்படுத்துதல்	செய்திகளை வகைப்படுத்தி அறிதல்	தகவல்களிலிருந்து உண்மையைப் புகுத்துணர்தல்	பயன்படுத்தும் அறிவியல் தத்துவத்தை அறிந்து விளக்குதல்	பயன்படும் தத்துவத் தொடர்பு கண்டு அனுமானம் செய்தல்	அறிவியல் கருவிகளைப் பயன்படுத்தும் முறையினை அறிதல்	உண்மையின் அடிப்படையில் துணிவு கொள்ளுதல்	புதிய செய்தியை அறியச் சரியான முறையையே பின்பற்றுதல்	கூடுதல்
பாடப் பொருள் எடை (Weightage)	20	15	10	5	10	10	10	10	5	5	100
சோதனை செய்யும் பாடப் பொருள் (Content)											

1. மின்காந்தங்கள்	3	2	—	1	—	1	1	3	2	2	15
2. மின்சாரமணி - தந்தி	2	5	2	—	2	3	2	2	2	—	20
8. மின்காந்தத் தூண்டல் தூண்டுச்சுருள்	5	3	3	—	2	1	2	2	1	1	20
4. மின்சார உற்பத்தி-டைனமோ, மின்மோட்டார்	5	5	3	2	1	1	1	1	—	1	20
5. 'ஓம்' விதியும், மின்சக்தியை அளவிடுதலும்	5	—	2	2	5	4	4	2	—	1	25
நடத்தைகளின் அடிப்படையில் மொத்த வினாக்கள்	20	15	10	5	10	10	10	10	5	5	100

யலாம். எவ்வளவு அதிகமாகப் புதிய முறைச் சோதனைகளை அமைக்கிறோமோ அவ்வளவிற்குச் சோதனை புறவயத்தன்மை வாய்ந்ததாக அமையும். பாடப் பகுதிகள் முழுவதையும் சோதிக்கவும் இயலும். ஆகவே, கட்டுரைமுறைத் தேர்வில் ஒரு சில வினாக்களையும், புதிய முறைத் தேர்வில் அதிக வினாக்களையும் சேர்த்துத் தயாரிக்கலாம். கேட்கப்படும் வினாக்கள் தெளிவாகவும், இருபொருள் தோன்றும்படி அமையாமலும், மாணவர் சுலபமாகப் புரிந்துகொள்ளும் மொழியிலும் அமைதல் வேண்டும். சுலபமான வினாக்களிலிருந்து கடினமானவற்றை அமைக்கலாம். புதியமுறைச் சோதனைகளை அமைக்கும்போது தெளிவான குறிப்புரைகளையும், எவ்வாறு விடையளிப்பது என்னும் முறையினையும் கொடுத்தல் வேண்டும்.

I. நோக்கங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு தயாரிக்கும் சில புறவயச் சோதனைகள் :

I. நோக்கம் : செய்திகளை அறிதலும், புரிந்து கொள்ளுதலும்.

1. தலைப்பு : ஒளி:

நடத்தை : வினைக்கும் - விளைவுக்கும் உள்ள தொடர்பினை அறிதல்.

ஆகாயத்தில் வானவில் தெரிவதற்குக் காரணம் ( )

(அ) ஒளி பிரதிபலிப்பு
(ஆ) ஒளி முறிவு
(இ) ஒளி பூரண அகப்பிரதிபலிப்பு
(ஈ) ஒளிச் சிதறல், ஒளிப் பிரதிபலிப்பு
(உ) ஒளி முறிவு, நிறப்பிரிகை, பூரண அகப்பிரதிபலிப்பு

2. தலைப்பு : அடர்த்தி

நடத்தை : கருவிகளின் அமைப்பைப்பற்றியும், அவற்றின் உபயோகங்கள் பற்றியும் அறிதல்.

'U' வடிவக் குழாயைப் பயன்படுத்தித் திரவத்தின் ( )

(அ) அழுத்தத்தைக் காணலாம்.
(ஆ) ஆழத்தைக் காணலாம்.
(இ) அடர்த்தியைக் காணலாம்.
(ஈ) எடையைக் காணலாம்.
(உ) கன அளவைக் காணலாம்.

3. தலைப்பு : புவிஈர்ப்பு—சமநிலை

நடத்தை : கிடைத்த தகவல்களிலிருந்து உண்மையைப் பகுத்துணர்தல்.

பைசா நகரத்துச் சாய்ந்த கோபுரம் உறுதிச் சமநிலையில் இருப்பதற்குக் காரணம், ( )

(அ) சிமெண்டினால் கட்டப்பட்ட உறுதியான அமைப்பு.

(ஆ) அதனுடைய புவிஈர்ப்பு மையம் தாழ்வாக அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

(இ) கட்டட அமைப்பு அடிப்பாகம் அகன்றும், மேலே போகப்போகக் குறுகியும் செல்லுகிறது.

(ஈ) புவிஈர்ப்பு மையத்திலிருந்து வரையப்படும் செங்குத்துக்கோடு அடிப்பரப்பிற்குள் விழுகின்றது.

(உ) அது போன்று சாய்வான கட்டடம் நிச்சயமாக இருக்க முடியாது.

II. நோக்கம் : கற்றறிந்த அறிவைப் புதிய நிலைகளில் பயன்படுத்துதல்

1. தலைப்பு : இயக்கவியல் – இராக்கெட்

நடத்தை : குறிப்பிட்ட நிகழ்ச்சியில் அடங்கியுள்ள அறிவியல் தத்துவத்தை அறிதல்.

இராக்கெட்டுகள் செயல்படும் விதம், ( )

(அ) பாயில் விதியை அடிப்படையாகக் கொண்டது.

(ஆ) ஜெர்மனியில் தயாரித்த இராக்கெட்டின் தத்துவத்தைக் கொண்டது.

(இ) வான் பிரௌனின் தத்துவத்தைக் கொண்டது.

(ஈ) நியூட்டனின் விதியை அடிப்படையாகக் கொண்டது.

(உ) கெப்ளரின் விதியை அடிப்படையாகக் கொண்டது.

2. தலைப்பு : சுற்றுப்புறங்களை ஆராய்தல் - வடிகுழாய்

நடத்தை: அன்றாட வாழ்க்கையில் அறிவியல் கருவிகள் பயன்படும் முறையினை அறிதல். ஒன்றோடொன்று கலக்காத திரவங்களைப் பெரிய பாத்திரத்திலிருந்து பிரித்தெடுக்கப் பயன்படும் கருவி, ( )

(அ) பிப்பெட்
(ஆ) ஹேரின் உபகரணம்
(இ) வடிகுழாய்
(ஈ) பிரித்தெடுக்கும் புனல்
(உ) பியூரெட்

3. தலைப்பு: காற்றின் அழுத்தம்

நடத்தை: நிகழ்ச்சியையும் தத்துவத்தையும் இணைத்து அறிந்து அதிலிருந்து முடிவு கண்டு உணர்தல்.

மற்றக் கோள்களைக்காட்டிலும் சனி, வியாழன் ஆகிய கோள்களைச் சுற்றி மிகப்பெரிய அடர்த்தியான வாயு மண்டலம் இருப்பதன் காரணம், ( )

(அ) அவற்றைச் சுற்றியுள்ள வாயு கனமானது.
(ஆ) அவற்றின் ஈர்ப்பு விசை அதிகம்.
(இ) அவை சூரியனிலிருந்து மிகத் தொலைவில் உள்ளன.
(ஈ) அவற்றின் அமைப்பே வாயுக்கள்தான்.
(உ) அங்கு அடிக்கடி மழை பெய்து வாயு வெளியேறுமல் பாதுகாக்கின்றது.

இதே போன்று நோக்கங்களையும் நடத்தை மாற்றங்களையும் அடிப்படையாகக் கொண்டு கட்டுரை முறைத் தேர்வு முறையில் வினாக்களையும் அமைக்கலாம்.

III. சோதனையைக் கொடுத்தல்: சோதனையின் நோக்கம் பெரும்பாலும் மாணவர் எவ்வளவு கற்றறிந்துள்ளனர் என்று காண்பதற்கேயன்றி, மாணவருக்குத் தெரியாதவற்றை அளவிடுவதன்று. எனவே, கொடுக்கப்பட்டுள்ள வினாக்களில் ஏறத்தாழ 70 விழுக்காடு பகுதியைக் கொடுத்துள்ள நேரத்தில் சாதாரண மாணவரும் எழுதி முடிக்கும்படியாக இருத்தல் வேண்டும்.

மதிப்பிடுதல்

1. திருத்தி மதிப்பிடுதல்: வினாத்தாளைத் தயாரித்தவரே ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் எந்த விதமான விடையை எதிர்பார்க்கிறார் என்றும், ஒவ்வொரு கருத்துக்கும் எவ்வளவு மதிப்பெண் கொடுப்பது என்ற திறவுகோல் (Scoring Key), ஒன்றினையும் தயாரித்தல் வேண்டும்.

2. சோதனையை மதிப்பிடுதல் : மாணவரது குறையறிந்து, அவற்றைக் களைந்து கற்றலைச் சிறப்பாக்க, மாணவர் பெற்ற மதிப்பெண்களைக் கொண்டு, நோக்கங்களின் அடிப்படையிலும், தனிப்பட்ட மாணவர் அடிப்படையிலும் அட்டவணைப்படுத்தலாம். இவ்வட்டவணையிலிருந்து மாணவர் எவ்வளவு கற்றுத் தேர்ந்தனர் என்று அறிவதுமட்டுமன்றிப் பாடத்திட்டத்திலும், கற்பிக்கும் முறையிலும் முன்னேற்றமடைய எவ்வித மாற்றத்தைக் கையாளலாம் என்பது பற்றி அறிய முடியும். தனிப்பட்ட மாணவர் அடிப்படையில் மதிப்பீட்டை அலசிப் பார்க்கும்போது, எங்கு ஒரு குறிப்பிட்ட மாணவன் தவறுகின்றான் என்பதைக் கண்டு அதற்கேற்ற வகையில் தனிப்பயிற்சி கொடுக்க இயலும். தனித்தனியாக வினாக்களை ஆராயும்போது, எந்த வினா கடினமானது என்பதைக் காண இயலும்.

செய்முறைத் தேர்வுகள்

செய்முறைத் தேர்வின் பயன்களாவன:

1. கற்ற செய்திகளையும், அனுபவமாகச் செய்கின்ற செயல்களையும் ஒருங்கிணைத்து மாணவர்கள் காண முடிகிறதா என்று அறியச் செய்முறைச் சோதனை பயனளிக்கும்.

2. உற்றுநோக்கும் திறன்களையும், கருவிகளைக் கையாளும் திறன்களையும், திறனாய்வுச் சிந்தனையையும் சோதித்து அறியப் பயன்படும்.

இச் சோதனைகளில் மாணவரை ஈடுபடுத்தும்போது, சோதனைக்கு வேண்டிய கருவிகளை முன்னரே தயார்செய்து வைத்துவிட்டு, மாணவருக்குச் செய்ய வேண்டிய சோதனையின் பிரச்சினையை மட்டும் கொடுத்து விடவேண்டும். சோதனை செய்து முடித்த பின்னர், சோதனையின் முடிவுக்கோ, சோதனையின் பல்வேறு பகுதிகளையும் படிப்படியாகச் செய்து முடித்துச் சேகரித்த தகவல்களுக்கோ, சோதனையைச் செய்து முடித்த முறையை விளக்கிய தன்மைக்கோ, எல்லாப் பகுதிகளுக்குமாகவோ மதிப்பிடலாம். எதனை அடிப்படையாகக் கொண்டு மதிப்பிடுவது என்பது சோதனையின் தன்மையைப் பொறுத்து அமையும்.

தரப்படுத்தப்பட்ட அடைவுச் சோதனைகள் (Standardised Achievement Tests)

இக் காலத்தில் வகுப்பாசிரியர்களால் உருவாக்கப்பட்ட சோதனைகளைத் தவிர, பல பாடங்களிலும் செயல்களிலும் தரப்

படுத்தப்பட்ட அடைவுச் சோதனைகள் (Standardised Achievement Tests) பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவற்றில் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் வினக்கள் பல பள்ளிகளுக்கும் பொதுவான பாடப் பொருளைப் பொறுத்து அமையும். இவற்றுடன் இச் சோதனைகளைப் பற்றிய விவரங்களான வயது அல்லது வகுப்பு, மாணுக்கர்களுக்கான தர எண்கள்(Norms) கொடுக்கப்பட்டிருக்கும். இச் சோதனைகள் மூலம் ஒரு மாணவன் பெறுகின்ற மதிப்பீட்டை அவனோடு ஒத்த அதே வயதுள்ள அதே பள்ளியில் அல்லது வேறு பள்ளியில் பயிலும் மாணவரின் அடைவுத் தரத்துடன் ஒப்பிட இயலும். அவ் வகுப்பின் பொதுவான தரத்தையும் மற்றப் பள்ளிகளின் தரத்துடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கலாம்.

அமெரிக்க நாட்டில் பள்ளிப் பாடங்களில் இவ் வகையான தரப்படுத்தப்பட்ட சோதனைகள் உள்ளன. நம் நாட்டில் இவ் வகைச் சோதனைகளைக் கணக்கு, அறிவியல் போன்ற பாடங்களுக்குத் தயாரிக்க முயற்சிகள் நடைபெற்று வருகின்றன.

பயிற்சி வினக்கள்

1. கட்டுரை முறைத் தேர்வின் பயன்களையும் குறைகளையும் ஆராய்க. அவற்றை எவ்வாறு சீர்திருத்தி அமைக்கலாம்?

2. நல்ல தேர்வின் பண்புகள் யாவை?

3. புறவயச் சோதனைகள் என்றால் என்ன? அவற்றைக் கற்பித்தலில் எவ்வாறு பயன்படுத்தலாம்?

4. நோக்கங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டு சோதித்தல் என்றால் என்ன? சில மாதிரி வினக்களுடன் விளக்குக.

5. மதிப்பீடு என்பது யாது? இதற்கும் அளவிடலுக்கும் இடையேயுள்ள வேறுபாடு என்ன? மதிப்பீட்டின் வழியே ஆசிரியர் பெறக்கூடிய பயன்கள் யாவை?

6. புறவயச் சோதனைகளின் வகைகள் யாவை? ஒவ்வொரு வகைக்கும் சில மாதிரி வினக்களைத் தயாரிக்க.

15. அறிவியல் ஆசிரியர்

பல நூற்றாண்டுகளாகச் சிறந்த ஆசிரியரின் பண்புகள் யாவை என்பதைப்பற்றி ஆராய்ந்துள்ளனர். சிறந்த ஆசிரியருக்குரிய பண்புகளுடன் ஆசிரியர்கள் இயற்கையிலேயே தோன்றுகிறார்களா அல்லது சிறந்த ஆசிரியர்களுக்குத் தேவைப்படும் அறிவு, தனித் திறமைகள். தனிப்பண்புகள் (Personal Qualities) எல்லாவற் றையும் சிறந்த கல்விப் பயிற்சிமூலம் அளித்து ஆசிரியர்களை உருவாக்க இயலுமா என்பது பிரச்சினை. சிறந்த ஆசிரியர்களை உருவாக்க முடியும் என்ற கருத்தில்தான் இன்று பயிற்சி நிலையங்கள் செயல்பட்டு வருகின்றன. நல்லாசிரியருக்குத் தேவைப் படும் பண்புகளைப்பற்றிக் கற்பிக்கும் முறைகளைக் கூறும் நூல்கள் பல எடுத்து இயம்புகின்றன. அறிவியல் கற்பிக்கும் ஆசிரியர்கள் அப்பண்புகள் அனைத்தையும் பெற்றிருப்பதோடு, மேற்கொண்டும் சில திறன்களை வளர்த்துக்கொள்ள வேண்டும்.

ஆய்வகத்தைக் கொண்டு கற்பிக்கும் அறிவியல் திட்டத்தில் ஆசிரியரே முக்கியமான பங்கேற்க வேண்டும். அண்மையில் ஏற்பட்டுள்ள வளர்ச்சிகளையெல்லாம் கொண்ட சிறந்த அறிவியல் பாடத்திட்டமாயினும், எல்லா வசதிகளுடன் கூடிய ஆய்வக மாயினும், எல்லா வசதிகளும் நிறைந்த பள்ளியாயினும், ஆசிரியர் நன்கு அமையாவிடில் அவ்வளவும் வீணாகும். ஆய்வகக் கருவிகளை முறைப்படி பயன்படுத்தாமல், தவறாகக் கற்பிக்கும் முறைகளைப் பின்பற்றி, அறிவியலில் மாணவர்களுக்குத் தவறான எண்ணங்கள் தோன்றவும், வெறுப்பு ஏற்படவும் வழிகோலுவர். ஆனால் சிறந்த அறிவியல் ஆசிரியர், ஆய்வகம் நன்கு அமையாத பள்ளியாயினும், அறிவியல் பயிற்சிக்குத் தேவையான சில அடிப்படைக் கருவி களைக்கூடப் புதியதாகப் புனையவும், பழுதுபட்டவற்றை மாற்றி அமைத்துச் செப்பனிடவும், மாணவர்களுக்கு நேரிடைப் பயிற்சி அளிப்பதற்கான வழிமுறைகளை அமைத்துவிடுவார். கற்பிப்பதில்

எவ்வளவோ சிறந்த ஆசிரியர்களைக் காணலாம். பொதுவாக ஒரே மாதிரியான முறைகளைப் பின்பற்றுகின்ற இரண்டு சிறந்த ஆசிரியர்களைக் காண்பது அரிது. கற்பிக்கத் துணை செய்யும் திறமைகளை வரிசைப்படுத்தி அமைப்பது என்பது கடினம். எனினும், நல்ல ஆசிரியராக ஆவதற்குத் தேவையான பண்புகளை ஓரளவுக்குத் தொகுத்து அமைக்கலாம்.

பாடப்பொருள் பற்றிய அறிவு

1. அறிவியல் கற்பிக்கும் ஆசிரியர் எந்தெந்தப் பிரிவுகளைக் கற்பிக்க வேண்டுமோ அவற்றைப்பற்றிய தெளிவான அறிவைத் தேவைக்குச் சிறிது அதிகமாகப் பெற்றிருத்தல் வேண்டும்.
2. இச் செய்திகளைத் தெரிந்திருப்பதுடன்கூட, இவற்றைக் கற்பித்தலில் மகிழ்ச்சி கொள்ளுதல் வேண்டும்.
3. நிறைய கருத்துப் பொருளை மட்டும் (Theoretical Knowledge) பெற்றிருப்பதோடு நின்று விடாமல், அவை அன்றாட வாழ்க்கையில் எவ்விதம் பயன்படுத்தப்படுகின்றன என்பதையும் அறிதல் வேண்டும்.
4. மாணவர் தொடுக்கும் வினாக்களுக்கு உடனடியாகப் பதில் சொல்ல இயலாவிடில், நூலகத்தின் துணை கொண்டு பின்னர் விளக்குதல் வேண்டும்.
5. ஆசிரியர் எவ்விதம் உயர்ந்த அறிவைப் பெற்றிருந்தாலும் மாணவருக்குக் கற்பிக்கும்போது அவர் நிலைக்கு ஏற்ற வகையில் எளிதாகக் கற்பித்தல் வேண்டும்.
6. எப் பாடப்பொருளையும் முழுதும் கற்றுணராமல் இருக்கும் போது மாணவரை மனப்பாடம் செய்யுமாறு சொல்லுதல் கூடாது.
7. கவர்ச்சியற்ற பாடப்பொருளாயினும், அப் பாடத்தில் மாணவர் ஆர்வத்தைத் தூண்டும் வழியில் கற்பித்தல் வேண்டும்.
8. புதிய பாடப்பொருளைக் கற்பிக்கும்போது உருவகப்படுத்தும் வகையில் கருவிகளையும் விளக்கப்படங்களையும் கொண்டு கற்பித்தல் வேண்டும்.
9. மாணவரது சிந்தனை ஆற்றலைத் தூண்டும்படி கற்பிக்க வேண்டுமே தவிர, அவர்கள் ஆசிரியர் சொல்லியதையோ புத்தகத்தில் உள்ளதையோ கிளிப்பிள்ளைபோல் திருப்பிச் சொல்லுதல் கூடாது.

10. 'புத்தகத்தை முடித்து விட்டேன்' என்று கருதாமல், கற்பித்த செய்திகள் அனைத்தும் மாணவர்கள் நன்கு அறிந்தனர் என்ற நிலைமை உருவாதல் வேண்டும்.

11. அன்றாடம் புதிய நுட்பங்களைக் (Techniques) கையாளுதல் வேண்டும். நாள்தோறும் ஒரே முறையையே பின்பற்றுதல் கூடாது.

12. அண்மையில் ஏற்படுகின்ற அறிவியல் வளர்ச்சியையும் அவ்வப்போது அறிந்து வைத்தல் வேண்டும்.

ஆசிரியரது ஆளுமை, மனப்பான்மை, திறன்கள் பற்றியவை

1. பாடம் கற்பிப்பதில் ஆர்வத்தை வெளிக்காட்டுதல் வேண்டும்.

2. வெட்கப்பட்டும், ஓய்வெடுத்தும், அமைதியாகவும் வகுப்பறையில் இருப்பதைத் தவிர்த்து, மிகவும் சுறுசுறுப்புடன் இயங்க வேண்டும்.

3. தவறு நேர்ந்தால் அதை ஒத்துக்கொள்ளும் மனப்பான்மை வேண்டும்.

4. வகுப்பில் எப்போதும் மகிழ்ச்சியாக இருத்தல் வேண்டும்.

5. கோபம் ஏற்படக்கூடிய நேரங்களில்கூட அமைதியாகவும் மனநிலை இழக்காமலும் இருத்தல் வேண்டும்.

6. மாணவர்கள் வேலையில் சிறந்து விளங்கியபோதும், நன்கு செயல்பட்டபோதும் பாராட்ட வேண்டும்.

7. விவாதித்தலிலோ மேடைப், பேச்சிலோ, நடிப்பிலோ அறிவியல் ஆசிரியர்கள் சிறந்தவர்களாக இருத்தல் வேண்டும். ஏதாவது ஓர் எதிர்பாராத விளைவைக் காட்ட முயலும் போது ஆசிரியருக்கு இந்த நடிப்பாற்றல் துணை செய்யும்.

8. மெதுவாகக் கற்கும் மாணவர்களிடம் பொறுமையைக் காட்ட வேண்டும்.

9. மாணவர் தவறு செய்தவிடத்தில் அவரை மனம் புண்படும் படியோ கிண்டலாகவோ பேசுதல் கூடாது.

10. மாணவர்கள் அனைவரிடமும் ஒரே விதமாக அன்பு செலுத்தி, அவர்களிடம் தோன்றும் கற்றல் பிரச்சினைகளைச் சமாளித்தல் வேண்டும்.

ஆகவே, மேற்கூறிய பண்புகள் அனைத்தையும் பெறுதற்கு அறிவியல் ஆசிரியர்கள் தேவையான பொதுக்கல்வித் தகுதியையும் (Academic Qualification), கல்வி கற்பிக்கும் ஆசிரியர் பயிற்சி

யையும், குழந்தைக் கல்வி பெறும் முறையையும், மனநூல் அறிவையும் பெறுதல் வேண்டும்.

ஆசிரியர் பயிற்சி

பொருளியல் கற்பிக்கும் ஆசிரியர் பொருளியல் பாடத்திலும் வேதியியல் கற்பிக்கும் ஆசிரியர் வேதியியலை முக்கியமாகப் பாடமாகக் கொண்டும் ஆன்றதொரு பட்டப்படிப்பை மேற்கொண்டிருத்தல் வேண்டும். இப் பாடங்களில் பெறுகின்ற அறிவு அண்மையில் ஏற்பட்டுள்ள வளர்ச்சியைக் கருத்தில் கொண்டும், உயர்நிலைப் பள்ளிகளில் அமைந்துள்ள பாடங்களின் விரிவான பயிற்சியாகவும் அமைதல் வேண்டும். மேலும், இப்பாடப் பகுதிகளில் ஆய்வகப் பயிற்சிகள் அதிக அளவிற்கு இடம் பெறுதல் வேண்டும். ஆசிரியர் பயிற்சி பெறும்போதும், ஆய்வகச் சோதனைகள் பெரும் அளவு அமைத்தல் வேண்டும். பள்ளிகளில் மாணவர்கள் என்னென்ன வேலைகளில் ஈடுபடுத்தப்படுகின்றனரோ அதே போன்று ஆசிரியர் பயிற்சியிலும் சோதனைகள் அமைத்துச் செய்யும்படி செய்தல் வேண்டும். ஆய்வக வேலையும் கள வேலையும் (Field work) பயிற்சி பெறும் ஆசிரியருக்கு இன்றியமையாதவை. சோதனைகளை அமைப்பதும், செய்து காட்டும் சோதனைகளை ஏற்பாடு செய்தலும், புதிய எளிய கருவிகளைத் தயாரித்தலுமான (Improvised Aids) பயிற்சிகள் இன்றியமையாதவை. பள்ளிக்குச் சென்று சிறந்த முறையில் ஆய்வக வேலையை ஏற்பாடு செய்வதற்கு இப் பயிற்சி ஒரு நிலைக்களனாக அமைதல் வேண்டும். மேலும் பயிற்சிக் கல்லூரியில் கற்பிக்கும் முறைகள் மட்டுமன்றிப் பாடப் பொருளும் (Content) சிறிது அமைத்தல் நல்லது. இவ்வாறு அமைக்கும் பாடப்பொருள், ஆசிரியர் எப் பகுதியில் குறைபாடு உடையவராக இருக்கிறாரோ அதை நிறைவு செய்யும் வகையில் அமையலாம். எடுத்துக்காட்டாக, பொருளியலில் (Physics) பட்டம்பெற்ற ஆசிரியருக்குச் சிறிது வேதியியல் (Chemistry) அறிவையும், வேதியியலில் பட்டம் பெற்ற ஆசிரியருக்குச் சிறிது பொருளியல் அறிவையும் அளிக்கலாம். அத்துடன் இவ்வாசிரியர்களுக்கு உயிரியல் (Biology) பற்றிய அறிவையும் சிறிது அளித்தால், அறிவியலின் பகுதிகள் ஒவ்வொன்றிற்கும் உள்ள தொடர்பினை அறிந்து கற்பிக்க இயலும். இவ்வாசிரியர் பயிற்சி பெறுவோர்க்குக் கல்வி உளவியல் அறிவும் (Educational Psychology) இன்றியமையாதது.

பணியிடைப் பயிற்சி (Inservice Training)

இக் காலத்தில் சமூகத்தின் தேவைகளும் அமைப்பும் அடிக்கடி மாறிவருகின்றன. அறிவியலிலும் விரைவான முன்னேற்

றத்தையும், புதிய செய்திகள் மலர்ந்து வருவதையும் காண்கிறோம். சுமார் பதினைந்து ஆண்டுகளில் இன்றியமையாத அறிவியல் அறிவு இரண்டு மடங்காக வளர்கின்றது என்று தோராயமாக ஆராய்ச்சியாளர் கணக்கிட்டுள்ளனர். ஆகவே, பாடநூல்களும், பாடத்திட்டத்தையொட்டி தயாரித்த கற்பிக்கும் சாதனங்களும் வெளியிடப்பட்ட ஐந்து ஆண்டுகளுக்குள் மறு பரிசீலனைக்குட்படுத்தப்பட வேண்டும். இந் நிலையில் அறிவியல் ஆசிரியர் மாறிவரும் சூழ்நிலைக்கேற்பத் தம்முடைய அறிவியல் அறிவைப் பெருக்கிக்கொள்ளாவிடில், அறிவியல் துறையைப் பொறுத்தவரையில் மிகச்சுலபமாகப் பின்னேக்கித்தள்ளப்படுவார் என்பது உறுதி. "எவ்வாறு தொடர்ந்து எரிந்து கொண்டிராத விளக்கு, மற்ருெரு விளக்கினை ஏற்றுவிக்காதோ, அதுபோன்று தொடர்ந்து கற்றுக் கொண்டிராத ஆசிரியர் உண்மையிலேயே மற்றவருக்குக் கற்பிக்கவும் இயலாது" ("A teacher can never truly teach unless he is still learning himself. A lamp can never light another unless it continues to burn its own flame") என்று இரவீந்திரநாத் தாகூர் சொல்கிருர். புதிய செய்திகளை அவ்வப்போது கற்றுத் தேர்ந்து கற்பிக்காமல் பழையனவற்றையே திரும்பத் திரும்பக் கற்பிக்கும் ஆசிரியரது பாடங்கள் ஒரு காலத்தில் உயிருடனிருந்த பொருள்களைப்பற்றி, அவற்றின் உயிரற்ற நிலையில் (Dead specimens of once living things) கற்பிப்பதை ஒக்கும் என்று சொல்கிருர். ஆகவே, ஆசிரியர்கள் அவ்வப்போது மறுபயிற்சி பெறுவதற்கான வாய்ப்புகள் தற்காலத்தில் அளிக்கப்படுகின்றன. கோடை அறிவியல் பயிற்சி நிலையங்கள் (Summer Science Institutes), பணியிடைப் பயிற்சிகள் (Inservice Trainings), மறுபயிற்சி வகுப்புகள் (Refresher Courses), கருத்தரங்குகள் (Seminars), மாநாடுகள் (Conferences) போன்றவை இவற்றில் அடங்கும். அண்மையில் அறிவியலில் ஏற்பட்டுள்ள வளர்ச்சியும், அறிவியல் கற்பிப்பதில் ஆசிரியருக்குத் துணை செய்யும் சில பயிற்சிகளும் இப் பயிற்சிகளின்போது அளிக்கப்படுகின்றன. ஆய்வக நிர்வாகம் பற்றியும், காட்சிக் கேள்விக் கருவிகளைப் பயன்படுத்தும் முறைகள் பற்றியும், புதிய கற்பிக்கும் முறைகள் பற்றியும், மாணவர் செய்முறைகளையும் செயல்திட்டங்களையும் மதிப்பிடுதல் குறித்தும் புதிய பாடத்திட்டங்களை உருவாக்கும்போது அவற்றின் நோக்கங்கள், நுட்பங்கள் குறித்தும் இப் பயிற்சிகள் அமைக்கப்படுகின்றன. அறிவியல் அறிஞர்கள், ஆராய்ச்சியாளர்கள், அறிவியல் ஆசிரியர்கள் அனைவரையும் ஒருங்கிணைத்து செய்துகாட்டும் சோதனைகளையும், விவாதங்களையும், புதிய கருவிகளை அமைக்கும் முறையையும், ஆய்வகத்தைச் சிறப்புற அமைத்துப் பயன்

படுத்துதல் குறித்தும் இப் பணியிடைப் பயிற்சி வகுப்புகளில் விளக்கங்கள் கொடுக்க ஏற்பாடு செய்தல் வேண்டும். குறைந்தது ஐந்து ஆண்டுக்கு ஒரு முறையாவது, ஆசிரியர்கள் அனைவருக்கும் மூன்று அல்லது ஆறு மாதங்கள் ஊதியத்துடன்கூடிய விடுமுறை அளித்து மறுபடியும் பயிற்சிக் கல்லூரிகளுக்கு அனுப்பி மறு பயிற்சி பெற வாய்ப்புகள் அளிக்கப்பட வேண்டும். மேல்நாடுகளில் இது போன்ற பயிற்சி பெற்ற ஆசிரியர்களுக்கு ஊதிய உயர்வும் உடனே அளிக்கப்படுகிறது. அறிவியல் ஆசிரியர்கள் அவ்வப்போது அண்மைக்கால வளர்ச்சி குறித்து வெளியிடப்படும் அறிவியல் சஞ்சிகைகளின்மூலமாக அறிவைப் பெருக்கிக்கொள்ள வேண்டும். அறிவியல் ஆசிரியர்கள் ஒன்றுகூடி ஒரு நிறுவனத்தை (Science Teachers' Organisation) ஏற்படுத்தி, அவர்களே ஒரு சஞ்சிகையை நடத்தியும் வரலாம். இக் கூட்டங்களில் சில அறிவியல் தலைப்பு களைக் கற்பிக்கும் முறைகள்பற்றியும், அண்மையில் வெளியான நூலின் மதிப்புரையையும், பாடங்கள் கற்பிக்கத் துணைசெய்யும் தக்க மேற்கோள் நூல்களையும், புதிய கருவிகளை அமைப்பது குறித்தும் தகவல்கள் கொடுக்கலாம்.

அறிவியல் ஆசிரியரது கடமைகளும் பொறுப்புகளும்

பள்ளியில் மற்ற ஆசிரியர்களைக்காட்டிலும், அறிவியல் கற்பிக்கும்ஆசிரியர்களுக்குப் பொறுப்பும் கடமைகளும் மிகுதியாகும். நன்கமைந்த ஆய்வகத்தையும், அதில் சேகரித்து வைத்துள்ள விலையுயர்ந்த கருவிகளையும் பாதுகாத்து வைப்பது என்பது எளிதான காரியமன்று. வகுப்புக்குச் சென்று குறித்த காலத்தில் பாடம் கற்பிப்பதும், புதிய கருவிகளை வாங்குவதற்கு ஏற்பாடு செய்வதும், அவற்றை உரிய பதிவேடுகளில் குறித்து வைப்பதும், உபயோகப் படுத்திய பின்னர்த் திரும்பச் சுத்தம் செய்து வைப்பதும், உடைந்தவற்றையும் மேற்கொண்டு உபயோகப்படுத்த இயலாத பொருள்களையும் பட்டியலிலிருந்து நீக்குவதும், சிலவற்றைப் பழுது பார்த்தலும் ஆகப் பல்வேறு கடமைகள் அறிவியல் ஆசிரியர்களுக்கு உண்டு. மற்ற ஆசிரியர்களுக்குத் தேவையில்லாத சில திறன்களையும் இவ்வாசிரியர்கள் பெற்றிருக்க வேண்டும்.

அறிவியல் ஆசிரியரின் நாட்குறிப்பு

ஒவ்வோர் ஆசிரியரும் ஒரு நாட்குறிப்பை வைத்திருத்தல் வேண்டும். அதில் கீழ்க்கண்ட குறிப்புகள் எழுதப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்:

1. ஆசிரியர் கற்பிக்க வேண்டிய வகுப்பிற்கான ஆண்டுப் பாடத்திட்டம் குறித்து வைத்தல் வேண்டும்.

2. ஆண்டிற்கான பாடத்திட்டத்தைப் பகுதிவாரியாகப் பிரித்து, மாதத்திற்கு, வாரத்திற்கு, ஒரு நாளைக்கு எனக் காட்டி, அவற்றைக் கற்பிக்க என்னென்ன கருவிகளைப் பயன் படுத்தலாம் என்ற விவரங்களையும் எழுதியிருத்தல் வேண்டும். இக் குறிப்பு எங்ஙனம் தயாரிக்கப்பட வேண்டும் என்பதைப் பற்றி முன்னரே விளக்கப்பட்டுள்ளது.

3. ஆண்டு முழுவதும் மாணவர் செய்ய வேண்டிய சோதனை களின் பட்டியலையும் அவற்றை அமைக்கும் திட்டத்தையும் குறித்து வைத்தல் வேண்டும்.

4. அறிவியல் கழகம் தோற்றுவிக்கப்பட்டிருப்பின், அக் கழகத்தின் உறுப்பினர் பட்டியலையும், ஆண்டிற்கான செயல் திட்டங்களையும், அவை நடைபெற ஏற்பாடு செய்யும் காலம் குறித்தும் விளக்கங்கள் குறிக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்.

5. அன்றுடம் சோதனைகள் அமைக்கும்போது, தேவைப் படும் கருவிகளையும், இரசாயனப் பொருள்களாயின் அவற் றிற்கான விவரங்களையும் குறித்து வைத்தல் வேண்டும். பாடத்திற்குத் தேவையான கருவிகள் இல்லையெனின், அக் கருவிகளை வாங்குவதற்கு ஏற்பாடு செய்யத் தனியே குறித்து வைத்தல் வேண்டும்.

6. சில பாடங்கள் நடத்தும்போதும் மாணவர்களுக்கு ஏற்பட்ட ஐயங்களையும், சில கருவிகளைக் கையாண்டபோது ஏற்பட்ட விபரீத விளைவுகளையும் அல்லது வேலை செய்யாது தொல்லை கொடுத்ததையும் போன்ற குறிப்புகளைக் குறித்து வைத்தால், பின்னர் அக் குறிப்புகள் வேலையை எளிதாக்கத் துணை செய்யும்.

7. ஒவ்வொரு பாடத்தைக் கற்பித்த பின், அப் பாடத்தை ஒட்டிய வினாக்களையும், மாணவர்களுக்குக் கொடுக்கும் பயிற்சி வேலைகளையும், அவர்கள் செய்து முடித்தபின் அளித்த மதிப்பெண்களையும் குறித்து வைத்தல் வேண்டும்.

அறிவியல் ஆசிரியரின் கால அட்டவணை

அறிவியல் ஆசிரியரின் வேலையும் கடமையும் மற்ற ஆசிரியர் களைக்காட்டிலும் அதிகமாகும் என முன்னரே வலியுறுத்தப் பட்டது. ஆகவே, மற்ற ஆசிரியர்களுக்குக் கொடுக்கும் வேலைப்பளு

வைப் போலவே இவர்களுக்கும் கொடுப்பது தவறாகும். ஆய்வக முறையைக் கையாளும்போது சில நேரங்களில் இரண்டு பீரியடுகள் (Double Periods) தொடர்ச்சியாக அமைக்க வேண்டியிருக்கும். இவ்விரண்டு பீரியடுகளையும் கடைசி பிரிவு வேளைகளிலோ ஓய்வு நேரத்தையொட்டி முன்னதாகவோ அமைத்தால், சிறிது நேரம் கூடுதலாகக் கிடைக்கும். செய்து காட்டும் சோதனைகளை அமைக்கும் முன்னர்க் கருவிகள் நன்கு செயல்படுகின்றனவா என ஆசிரியர் ஆயத்தம் செய்தல் வேண்டும். ஆகவே, இதற்காகும் காலத்தையும் கணக்கில் கொண்டு அறிவியல் ஆசிரியர்க்கு ஆய்வகத்தை நன்கு அமைப்பதிலும், கருவிகளை ஒழுங்குபடுத்துவதிலுமே காலம் அதிகம் செலவிடப்படுவதால், அவர்களை மொழிப்பாடங்களையும் கற்பிக்கும்படி செய்வது சிறந்ததல்ல. காரணம், மொழிப்பாடங்களில் மாணவரது கட்டுரைப் புத்தகங்களையும், பிற பயிற்சிகளையும் அடிக்கடி மதிப்பிட வேண்டியிருக்கிறது. மற்றொரு பாடத்தைக் கொடுக்க வேண்டுமாயின், கணிதத்தைக் கொடுக்கலாம்.

அறிவியல் துறையை மதிப்பீடு (Assessment) செய்தல்

அறிவியல் துறையை ஆண்டிற்கு ஒரு முறையாவது அங்குக் கற்பிக்கப்படும் பாடப்பகுதிகளைப்பற்றியும், பயன்படுத்தும் முறைகள்பற்றியும், இதர செயல் திட்டங்கள் குறித்தும் மதிப்பீடு செய்தல் அவசியம். இம் மதிப்பீடு கீழ்க்கண்ட தலைப்புகளின் அடிப்படையில் அமையலாம்:

1. ஆசிரியர் : அறிவியல் கற்பிக்கும் ஆசிரியர்கள் போதிய அளவு தங்களது துறைகளில் பயிற்சி பெற்றவரா எனவும், ஐந்து ஆண்டுகளுக்கு ஒரு முறையாவது ஏதாவது மறுபயிற்சி பெற்றிருக்கிறார்களா எனவும் அறிவியல் ஆசிரியர்கள் ஒன்று கூடி ஏதாவது ஓர் அமைப்பை (Faculty) ஏற்படுத்திக் கொண்டு அறிவியல் கற்பித்தலில் உள்ள பிரச்சினைகளை விவாதிக்கின்றனரா எனவும், அவ்வப்போது வெளியாகும் அறிவியல் தொடர்பான இதழ்களைப் படித்துப் புதிய கருத்துகளை வளர்த்துக்கொள்கின்றார்களா எனவும் ஆராய்தல் வேண்டும். ஆசிரியர் கால அட்டவணை, நாட்காட்டி, வேலைத் திட்டம், ஆசிரியரது ஆளுமைப் பண்புகள், வகுப்பில் கற்பிக்கும் நேரத்தைக் கருத்துப் பொருளுக்கும் ஆய்வக வேலைக்கும் பகிர்ந்து கொள்ளும் தன்மை, அன்றாடம் தயாரித்த பாடக் குறிப்புகள், ஆண்டு முழுமைக்கான செயல் திட்ட வேலைகளைத் திட்டமிடுதல் போன்றவற்றைக் கருத்தில் கொண்டு மதிப்பிடல் வேண்டும்.

2. மாணவர்களின் குறிப்புப் புத்தகங்களும் ஆய்வகப் பதிவேடுகளும் : வகுப்பில் செய்த பயிற்சி வேலையைப்பற்றி மாணவர் தயாரித்த குறிப்புகளையும், செய்முறைப் பதிவேட்டினையும் கண்டு மதிப்பிடுதல் வேண்டும்.

3. ஆய்வகமும் சோதனைக் கருவிகளும் : போதிய வசதிகள் அமைந்த ஆய்வகம் உள்ளதா என்றும், கருவிகள் தேவையான அளவுக்கு உள்ளனவா என்றும், அவை நன்கு பாதுகாத்து வைக்கப்பட்டுள்ளனவா என்றும், கருவிகள் அடிக்கடி உபயோகப்படுத்தப் படுகின்றனவா என்றும் காணல் வேண்டும். ஆய்வகத்தில் எதிர்பாராது நிகழும் விபத்துகளைத் தவிர்க்கும்பொருட்டுப் போதிய எச்சரிக்கைகள் செய்யப்பட்டுள்ளனவா என்றும், விபத்துகள் நேர்ந்தவிடத்து, அவற்றைச் சமாளிப்பதற்கு முதலுதவிப் பெட்டியும் போதிய மருந்துகளும் உள்ளனவா என்றும் ஆராய்தல் வேண்டும்.

4. ஆய்வகப் பதிவேடுகள் : ஆய்வகத்தில் உள்ள கருவிகள் அனைத்தையும், பட்டியலிட்டுச் சிறந்த முறையில் பதிவேடுகளில் குறிக்கப்பட்டுள்ளனவா என்றும், கருவிகளை நிரந்தரக் கருவிகளின் பதிவேட்டிலும், உடையக்கூடிய கருவிகளின் பதிவேட்டிலுமாகப் பிரிக்கப்பட்டு எழுதப்பட்டுள்ளனவா என்றும் காணல் வேண்டும். உடைந்த கருவிகளும், உபயோகமற்ற கருவிகளும் அவ்வப்போது பட்டியலிலிருந்து முறைப்படி நீக்கப்பட்டுள்ளனவா என்றும் அறிதல் வேண்டும்.

5. அறிவியல் கழகம் : பள்ளியில் அறிவியல் கழகம் செயல்பட்டால், அக் கழகத்தின் செயல் திட்டங்கள், கழகத்தின் நோக்கங்களை நிறைவேற்றும் வகையில் எவ்வாறு அமைந்துள்ளன என்பதை ஆராய்தல் வேண்டும்.

6. அறிவியல் பொருட்காட்சி : பள்ளியில் ஒன்று அமைக்கப்பட்டு, பெரும்பாலும் மாணவர்களால் சேகரிக்கப்பட்ட பொருள்களாக இருத்தல் நல்லது.

7. அறிவியல் நூலகம் : தனியாக அறிவியல் நூலகம் அமைக்கப்பட்டு, அதில் உள்ள புத்தகங்கள் அண்மையில் வெளியிடப்பட்டவையா என்று காணல் வேண்டும். நூல்களும் முறையாக வகைப்படுத்தி நூலகத்தில் வைக்கப்பட்

டுள்ளனவா என்றும் காணல் வேண்டும். மாணவர்களும், ஆசிரியர்களும் நன்கு பயன்படுத்துகின்றனரா என்றும் அறிதல் வேண்டும்.

மேற்கூறிய செய்திகள் ஒவ்வொன்றைப் பற்றியும் எவ்வாறு விரிவாக ஆராய்ந்து மதிப்பிட முடியும் என்பதைக் குறித்துக் குறிப்பிடு பட்டியல் (Check List) ஒன்று பின்னிணைப்பில் சேர்க்கப் பட்டுள்ளது.

பயிற்சி வினாக்கள்

1. அறிவியல் ஆசிரியருக்குத் தேவையான தனிப் பண்புகளும் தகுதிகளும் யாவை ?

2. அறிவியல் ஆசிரியர் வைக்கும் நாட்குறிப்பின் முக்கியத் துவம் என்ன ? அக் குறிப்பில் குறிக்கப்படும் குறிப்புகள் யாவை ?

3. அறிவியல் பகுதியை எவ்வாறு மதிப்பீடு செய்யலாம் என்பதற்கு ஒரு குறிப்பிடு பட்டியல் (Check List) தயாரிக்க.

பின்னிணைப்பு-1

மாதிரிப் பாடக் குறிபபு—1

பொது அறிவியல்—பொருளியல்

9ஆம் வகுப்பு

தலைப்பு : ஒலி உண்டாதலும் பரவுதலும்

காலம் : 45 நிமிடங்கள்

நோக்கம் – பொது : உற்றுநோக்கி அறிந்த செய்திகளை அறிவியல் தத்துவங்களையும் பொது விதிகளையும் கொண்டு விளக்கம் பெறுதல்.

சிறப்பு : (1) அதிர்வுறும் பொருள் ஒலியை உண்டாக்குகிறது.
(2) ஒலி அலைகள் எல்லாத் திசைகளிலும் பரவுகின்றன.
(3) ஒலி அலைகள் பரவுவதற்கு ஓர் ஊடகம் தேவை.

கற்பிக்கத் துணை செய்யும் கருவிகள் : இசைக்கவைகள், காற்றை வெளியேற்றும் பம்பு – மின்சார மணி, மணிஜாடி, காலி சிகரெட் பெட்டிகள், விளக்கப்படம், சுரமானி, ஒலியேற்படுத்த சில பொருள்கள்.

பாடநூல்களும் மேற்கோள் நூல்களும் :

(1) வகுப்பிற்குரிய பாடநூல்
(?) General Science-Handbook of Activities – Classes VI to VIII-NCERT Publication.
(3) Unesco Source Book for Teaching Science.

பொருள்	முறை
ஊக்குவித்தல் பொருள்கள் தாக்கப்படும்போது ஒலி ஏற்படுகிறது. காற்றின் வழியாக இவ்வொலி பரவலாம்.	தபேலா, வேறு இசைக்கருவிகள், கீழே விழும் உலோகத் தட்டு, ஊதல் போன்றவற்றைப் பயன்படுத்தி ஒலியை ஏற்படுத்துதல். இவ்வொலி எவ்வாறு ஏற்படுகிறது ? வீட்டில் இருக்கும்போது பள்ளியின் மணி ஓசை காதில் விழுகின்றது. மிகத் தொலைவில் இருக்கும்போதும் எங்கோ எழுப்பப் பட்ட ஒலி எவ்வாறு காதை அடைகிறது ? ஒலி ஏற்படுத்தும் பொருள்களை உற்றுநோக்கி அறிந்தாயா ? கருவியைத் தாக்கி ஒலி ஏற்படுத்திய பின்னரும் ஒலி தொடர்ந்து கேட்கிறதா ?
முன்னுரை கம்பியை இழுத்துவிடும்போது, ஒலி ஏற்படுகிறது; தொடர்ந்து கேட்கிறது; கம்பி அதிர்வு அடைகிறது; இவ்வதிர்வுகளைப் பார்க்க முடிகிறது.	**சோதனை 1** சுரமானியின் கம்பியை விரலால் இழுத்து விட்டு அதிர்வுறும் கம்பிமீது பேப்பர் துண்டுகளை வைக்கவும். ஒலி எப்போது ஏற்டுகிறது ? பேப்பர் துண்டுகள் ஏன் தூக்கி எறியப்பட்டன ?

இசைக்கவை அதிர்கிறது; இவ்வதிர்வுகளை உணர முடிகிறது.

ஆகவே, ஏதேனும் ஒரு பொருள் அதிர்வடையும்போது ஒலி ஏற்படுகின்றது. அதிர்வுகளைக் கண்ணால் பார்க்கலாம்; உணரலாம்.

பாட வளர்ச்சி

ஒலி நம் காதை எவ்வாறு அடைகின்றது என்பதை இப்போது காண்போம். குளத்தில் கல்லைப் போட்டால் எவ்வாறு சுற்றி அலைகள் பரவுகின்றனவோ அதே போன்று. அலைகள் மூலமாக ஒலி பரவுகின்றது. அதிர்வடையும் பொருள்கள் அருகிலுள்ள காற்று மூலகங்களைத் தள்ளுகின்றன இவ்வாறு தள்ளப்பட்ட காற்று, சுற்றிலுமுள்ள வேறு காற்று மூலகங்களைத் தள்ளுகின்றன. இதே போன்று தொடர்ச்சியான ஒலியானது அலைகள்மூலம் அதிர்

சோதனை 2

ஓர் இசைக் கவையை எடுத்து, தட்டி, நீருள்ள பாத்திரத்தில் வைக்கவும். நீர் தெறிப்பதைப் பார்க்கவும்.

இச் சோதனையிலிருந்து என்ன அறிகிறாய் ?

சோதனை 3

காலி சிகரெட் பெட்டிகளை ஓர் அங்குலத்திற்கு ஒன்றாக நான்கு திசைகளிலும் இரண்டு வரிசைகளாக ஒன்றையொன்று வெட்டிக்கொள்ளுமாறு நிறுத்தவும். நடுப் பகுதியில் ஒரு சிறு பந்தைப் போடவும். என்ன நிகழ்கிறது என உற்று நோக்கவும்.

சிகரெட் பெட்டிகள் என்ன மாற்றங்கள் அடைகின்றன ? இதே போன்று ஒவ்வொரு பெட்டியையும், ஒரு காற்று மூலமாக எண்ணிக்கொண்டு, நடுவில் பந்து போட்ட இடத்தை அதிர்வு ஏற்பட்ட இடமாகக் கருதி, பார்த்த நிகழ்ச்சியை விவரிக்க.

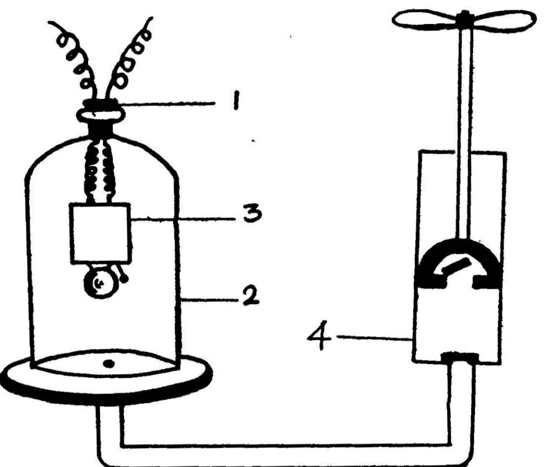
பொருள்	முறை
வடையும் பொருள்களிலிருந்து காதை வந்தடைகின்றன.	
ஆகவே, ஒலி அலைகள், அதிர்வு ஏற்படுத்திய பொருளிலிருந்து எல்லாத் திசைகளிலும் பரவுகின்றன.	
20 முதல் 20, 000 ஒலி அதிர்வுகளையே மனிதர்கள் கேட்கலாம். இதற்குச் செவியுணர் திறன் அளவு (Audibility Range) என்று பெயர். ஒலி பரவுவதற்கு என்ன இன்றியமையாதது எனக் காண்போம்.	விண்வெளி வீரர்கள் விண்வெளியில் நேரிடையாக ஒருவருக்கொருவர் புவியில் பேசிக்கொள்வதுபோல் பேசிக்கொள்ள முடியாது. காரணம் என்ன ? என்னவாக இருக்கலாம் ? ஒலி அலைகள் எங்கும் பரவ முடியுமா ?
சோதனை 4 ஒரு மின்சார மணியை மணிஜாடி (2) ஒன்றினுள் அமைத்து, மணிஜாடியைக் காற்று வெளியேற்றும் பம்பின் வாங்கியில் (Receiver) வைக்கப்படுதல்-மணிஜாடியை நன்கு மூடி வெளிக்காற்று உட்செல்லாதவாறு தக்கையால் (1) அமைத்தல்—மின்சார மணியை (3) ஒலிக்கச் செய்தல் - வெளி	சோதனை செய்து காட்டப்படுகிறது. பின் வரும் வினாக்களும் எழுப்பப்படுகின்றன;

யேற்றும் பம்பின் (4) துணை கொண்டு காற்றை வாங்கியிலிருந்து வெளியேற்றுதல் -மின்சார மணியின் ஒலி குறைந்து வருவதைக் கேட்டல் - சிறிது நேரங் கழித்து மணியைச் சுத்தி சென்று தாக்கிய போதும், ஒலி ஏற்படாததை அறிதல். இச் சோதனைமூலம் ஒலி பரவக் காற்று தேவை என அறியப்படுகிறது.

ஒலி பரவுவதற்கு ஓர் ஊடகம் இன்றியமையாதது. ஒலியானது திடப்பொருள், திரவப் பொருள்கள்மூலமும் பரவும். ஒலியின் வேகமும் காற்றில் பரவுவதைவிட இவற்றில் அதிகம்.

மின்சார மணியின் ஒலி தொடக்கத்தில் கேட்கிறதா?

சிறிது நேரங்கழித்து ஒலி முன்பு போலக் கேட்கிறதா?



படம் 22
வெற்றிடத்தில் ஒலி பரவாது

இம் மாற்றத்திற்குக் காரணம் என்ன?

இச் சோதனையிலிருந்து அறிவது என்ன?

கரும்பலகை வேலை

செய்து காட்டும் சோதனைக்கருவியின் அமைப்பைப் படம் வரைந்து காட்டப்படுகிறது. முன் பக்கத்தில் குறிப்பிட்ட பொருளில் தடித்த எழுத்துக்களுள்ள வாக்கியங்கள் பாடம் நடந்துகொண்டிருக்கையில் எழுதப்படுகின்றன.

நினைவுகூர்தல்

1. ஒலி எவ்வாறு ஏற்படுகிறது ?
2. ஒலி எவ்வாறு பரவுகின்றது ?
3. ஒலி வெற்றிடத்தில் பரவாது என்பதனைச் சோதனைமூலம் எவ்வாறு விளக்குவாய் ?

பயிற்சி

1. ஒலி ஏற்படுத்தும் பொருள்கள் பலவற்றைக் கொண்டு ஒலியெழுப்பச் செய்து, ஒவ்வொன்றிலும் அதிரும் பகுதி எது என அறியவும்.
2. இசைக்கருவிகள் ஒவ்வொன்றிலும் ஒலியை ஏற்படுத்தி, அவற்றில் அதிர்வடையும் பொருள் எது என அறியவும். கம்பிக்கருவிகள், காற்றுக்கருவிகள், தாக்கும் கருவிகள் என அவற்றைப் பிரிக்கவும்.
3. வெவ்வேறு அதிர்வெண் உள்ள இசைக்கவைகளைத் தட்டி, ஒவ்வொன்றிலும் ஒலியைக் கவனி.
4. நீண்ட ஒரு நூலினைக் கொண்டு, அதன் இரு முனைகளையும் இரண்டு அட்டைப்பெட்டிகளுடன் இணைத்து, நூல் தொலைபேசி செய்து, அதில் பேசிப் பார். ஒலி அலைகள் திடப்பொருள்மூலமாகப் பரவும் என்பதை அறியவும்.

மாதிரிப் பாடக் குறிப்பு-2

வேதியியல் – குளோரின்

வகுப்பு ; 9

நேரம் : 45 மணித்துளிகள்

நோக்கம் - பொது : அன்றாட வாழ்க்கையில் இரசாயனம் பயன்படுகின்ற முறையினை அறிதல்.

சிறப்பு : (1) குளோரின் வாயு தயாரிக்கும் முறையை அறிதல்.

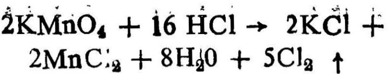
(2) குளோரின் வாயுவின் குணங்களை அறிதல்.

(3) குளோரின் வாயுவின் பயன்களை அறிதல்.

கற்பிக்கத் துணை செய்யும் கருவிகள்: கண்ணாடிக் குடுவை, கழுவு சீசாக்கள், இருதுளை அடைப்பான், திசில் புனல், போக்குக்குழாய், வாயு ஜாடிகள் 5, மாங்னீசு டைஆக்ஸைடு, அடர் கந்தக அமிலம், பாஸ்வரம், டர்பன்டைன், அண்டிமணி, வண்ண மலர்கள், விளக்கப்படம்.

பொருள்	முறை
ஊக்குவித்தல் சாடியினுள் பூச்சியைக் கொல்லு கின்றதும், மலரின் வண்ணத்தை நீக்குவதும் ஓர் இரசாயனப் பொருள்-வாயு-அதுவே குளோரின்.	முன்பே தயாரித்து வைக்கப்பட்டிருந்த ஒரு குளோரின் வாயு சாடியினுள் புத்தம்புதிய வண்ண மலர் ஒன்றினையும், ஓர் உயிருள்ள பூச்சியையும் போட்டுச் சிறிது நேரத்தில் ஏற்படும் விளைவினைக் காணச் செய்தல்.

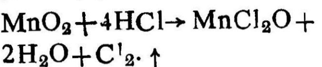
பொருள்	முறை
முன்னுரை இவ் வாயுவை 1774ஆம் ஆண்டில் என்ற ஷீலி அறிவியலறிஞர் தயாரித்தார். 1801ஆம் ஆண்டில் டேவி இதற்குக் குளோரின் எனப் பெயரிட்டார். 'குளோரின்' என்றால் பசுமை கலந்த மஞ்சள் நிறம் எனப் பொருள். **பாடவிளக்கம்** குளோரினைப் பல முறைகளில் தயாரிக்கலாம். 1. ஹைடிரோகுளோரிக் அமிலம் $\xrightarrow[\text{பகுத்தல்}]{\text{மின்னாற்}}$ ஹைடிரஜன் + குளோரின் $2HCl \longrightarrow H_2\uparrow + Cl_2\uparrow$ 2. பொட்டாசியம் பர்மாங்கனேட் + அடர் ஹைடிரோ குளோரிக் அமிலம் → பொட்டாசியம் குளோரைடு + மாங்கனீஸ் குளோரைடு + நீர் + குளோரின்.	**சோதனை 1** ஒரு சோதனைக்குழலில் சிறிது மாங்கனீசு டைஆக்ஸைடுடன் அடர் ஹைடிரோ குளோரிக் அமிலத்தைச் சேர்த்தல். வெளி வரும் வாயுவின் நிறத்தை அறியச் செய்தல். **சோதனை 2** ஒரு சோதனைக்குழலில் $KmnO_4$யையும், Con. HClயையும் போட்டு, கிரியையைக் கவனிக்கச் சொல்லுதல். வெளிவரும் வாயு என்ன ?



$2KMnO_4 + 16\,HCl \rightarrow 2KCl +$
$2MnCl_2 + 8H_2O + 5Cl_2 \uparrow$

3. சோடியம் குளோரைடு + மாங்கனீசு டைஆக்ஸைடு + அடர் கந்தக அமிலம் → சோடியம் பைசல்பேட் + மாங்கனீசு குளோரைடு + நீர் + குளோரின் $4NaCl+MnO_2+4H_2SO_4$
$\rightarrow 4NaHSO_4 + MnCl_2+2H_2O+Cl_2\uparrow$

4. ஆய்வக முறை : படத்தில் காட்டியவாறு கருவிகளை அமைத்துக்கொண்டு மாங்கனீசு டைஆக்ஸைடுடன் அடர் ஹைடிரோ குளோரிக் அமிலத்தைச் சேர்த்துச் சூடேற்றி குளோரினைத் தயாரித்தல்.



$MnO_2+4HCl\rightarrow MnCl_2O+$
$2H_2O+Cl_2\uparrow$

பௌதிகப் பண்புகள்

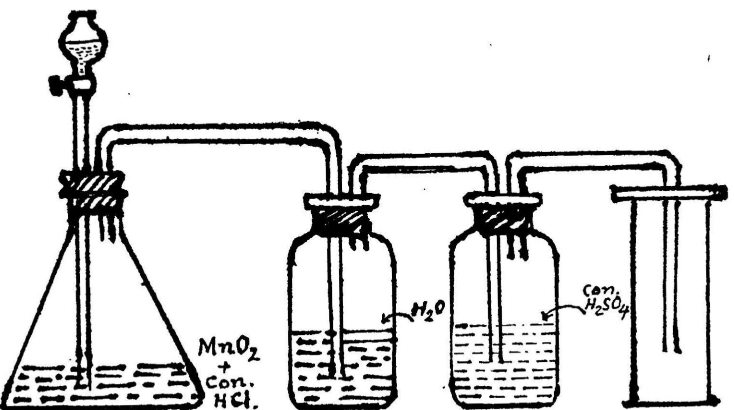
பசுமை, மஞ்சள் நிறம். காற்றைவிட கனமானது.

நீரில் கரையும்; குளோரின் நீர்

நெடியுடையது; விஷத்தன்மை உடையது.

சோதனை 3

ஒரு சோதனைக்குழலில் சிறிது MnO_2ஐயும், NaClஐயும் போட்டு அதனுடன் Con. H_2SO_4ஐயும் சேர்த்து வெளிவரும் வாயுவை அறியச் செய்தல்.



படம் 23
குளோரின் தயாரிக்கும் முறை

கருவிகளை மாணவர் முன் ஒவ்வொன்றாக இணைத்து, குடுவையில் இரசாயனப் பொருள்களைப் போட்டு, வெளிவரு

பொருள்	முறை
வேதிப் பண்புகள் 1. குளோரினுக்கு ஹைடிரஜன்மீது நாட்டம் உண்டு - சூரிய ஒளியில் கூடி, ஹைடிரஜன் குளோரைடு உண்டாகிறது. $H_2\uparrow + Cl_2\uparrow \rightarrow 2HCl.$	வாயுவை 5 சாடிகளில் பிடித்தல்—மாணவர் முன் செய்து காட்டும் மேசைமீது வைத்தல். சோதனையின் அமைப்பை மாணவரை விவரிக்கச் செய்தல்—தயாரிக்கும் முறையை வினவுதல்-விளக்கப்படத்தைக் காட்டுதல்—கீழ்க்கண்ட வினுக்களைக் கேட்டல். வாயுவின் நிறம் என்ன ? வாயு சாடியை மேல் நோக்கிப் பிடிப்பதால் வாயுவின் அடர்த்தியைப்பற்றி நீ என்ன அறிகிருய் ? குடிநீரில் குளோரின் கலக்கப்படுகிறது. அதிலிருந்து நீ அறிவது யாது ? தயாரிக்கும்போதே மாணவரைக் கேட்டு அறியலாம். இச் சோதனையின் அபாயம் கருதி, கவனமாகச் செய்தல் வேண்டும்.
2. மெழுகுவர்த்தி எரியும்போது கரிப் புகை வெளிவிடுகிறது. மெழுகுவர்த்தி ஹைடிரோ கார்பன்	**சோதனை 4** ஒரு வாயு சாடியில் எரியும் மெழுகுவர்த்தியைக் கொண்டு செல். ஏற்படுவதைக் கவனி. ஏன் கரிப்புகை வெளிவருகிறது ?

3. டர்பன்டைன் குளோரினுடன்சேர்ந்து கரியை வெளியே தள்ளுகின்றது.



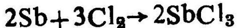
$C_{10}H_{16} + 8Cl_2 \rightarrow 16\ HCl + =0\ C.$

4. பாஸ்வரம் எரிந்து குளோரினுடன்கூடி பாஸ்வர பென்டாகுளோரைடு உண்டாகிறது.



$2P + 5Cl_2 \rightarrow 2PCl_5$

5. குளோரினும் அண்டிமணி டச்சு உலோகம், பாதரசம், சோடியம் போன்ற உலோகங்களுடன் கூடி, அவற்றின் குளோரைடுகளாக மாறுகின்றது.



$2Sb + 3Cl_2 \rightarrow 2SbCl_3$

6. குளோரின் நீரில் கலந்து ஹைடிரோ குளோரிக் அமிலமாகவும், ஹைப்போ குளோரஸ் அமிலமாகவும் மாறுகிறது. ஹைப்போ குளோரஸ் அமிலம் சிதைந்து பிறப்பு நிலை ஆக்ஸிஜனை வெளியேற்றுகிறது. இதுவே வண்ண மலர்களையும், பேனா மையையும், லிட்மஸ் தாளையும் நிறம் நீக்குகிறது.



$H_2O + Cl_2 \rightarrow HCl \rightarrow HClO$



$HClO \rightarrow HCl \rightarrow (O)$

சோதனை 5

டர்பன்டைனில் நனைத்த காகிதத்தைக் குளோரின் சாடியினுள் செலுத்து, என்ன நிகழ்கிறது ?

சோதனை 6

மற்றொரு சாடியினுள் பாஸ்வரத்தைக் கொண்டு செல். என்ன நிகழ்கிறது? இரசாயன மாற்றத்தைச் சமன்பாடாக எழுது.

சோதனை 7

வேறொரு சாடியினுள் சூடேற்றப்பட்ட அண்டிமணித் தூளைத் தூவி நிகழ்வதைக் கவனி. இரசாயன மாற்றத்தைச் சமன்பாடாக எழுது.

சோதனை 8

நீரில் நனைத்த லிட்மஸ் தாளையும், வண்ண மலர்களையும், பேனாவில் எழுதப்பட்ட பேப்பரையும், அச்சடித்த காகிதத்தையும் ஒரு வாயு சாடியில் போட்டு. சிறிது நேரங்கழித்து அவற்றைப் பார். இந் நிறமாற்றச் செயலுக்குக் காரணம் என்ன ? அச்சு எழுத்துகள் நிறம் மாறியுள்ளனவா ? ஏன் ?

பொருள்	முறை
பயன்கள்: (1) சல்வைத்தூள் தயாரிக்க. (2) (பருத்திநூல், துணி, மரக்கூழ்) முதலியவற்றின் நிறத்தை நீக்க. (3) பூச்சிக்கொல்லி மருந்து தயாரிக்க. (4) குடிநீரைச் சுத்தம் செய்ய. (5) போர்க்காலங்களில் நச்சு வாயுவாக.	குளோரின் பௌதிக, இரசாயனத் தன்மைகளைக் கொண்டு எவ்வாறு பயன்படுத்தலாம் என்பதை ஊகித்தறிதல்.

கரும்பலகை உபயோகம்

தடித்த எழுத்துகள் உள்ள வாக்கியங்களை எழுதுவதுடன், குளோரின் வாயுவின் குணங்களையும் சமன்பாடுகளையும் பாடவளர்ச்சியின்போதே எழுதுதல்,

நினைவுகூர்தல்

(1) குளோரினை எந்தெந்த முறைகளில் தயாரிக்கலாம்?
(2) ஆய்வகத்தில் குளோரினைத் தயாரிக்கும் முறையைப் படம் வரைந்து விளக்குக.
(3) குளோரினின் பௌதிகப் பண்புகள் யாவை ?
(4) குளோரினின் இரசாயனப் பன்புகள் யாவை?
(5) குளோரினின் பயன்கள் யாவை ?

பின்னிணைப்பு – 2

அறிவியல் கண்காட்சி அமைப்பதற்குப் பயன்படும் சில கருத்துகள்

1. மாய எழுத்து: (அ) வெங்காயத்தின் சாற்றினையோ அல்லது எலுமிச்சம்பழத்தின் சாற்றினையோ பயன்படுத்தி ஒரு மெல்லிய குச்சியினால் பேப்பரில் எழுதிக் காயவைத்துவிடவும். பின் அப் பேப்பரை வெப்பப்படுத்தினால் எழுத்துகள் தெளிவாகத் தெரியும்.

(ஆ) நீர் அதிகமாகச் சேர்க்கப்பட்ட தாமிரச் சல்பேட்டின் கரைசலைக் கொண்டு ஒரு பேப்பரில் தடவிக் காய வைத்து, விடவும். அமோனியாவில் நனைத்த புருசைக் கொண்டு அப் பேப்பரில் எழுதினால் நீலநிறத்தில் எழுத்துகள் தெரியும்.

(இ) பொட்டாசியம் அயோடைட் கரைசலைக் கொண்டு ஒரு பேப்பரில் எழுத்துகள் எழுதிக் காய வைத்து விடவும். பின் அதை எடுத்துக் காரீய நைட்டிரேட் ($PbNO_3$) கரைசல் உள்ள பாத்திரத்தில் போட்டால் அழகிய மஞ்சள் நிறத்தில் எழுத்துகள் தோன்றும். இந்த இரண்டு கரைசல்களுக்கும் நிறமில்லை; எதை வேண்டுமானாலும் எழுதுவதற்கு உபயோகிக்கலாம். வேடிக்கையாகச் செய்திகளை எழுதிக் காட்சிக்கு வருபவர்களை மகிழ்விக்கலாம்.

(ஈ) கொதிக்க வைக்கப்பட்ட ஸ்டார்ச்சுக் கரைசலை ஒரு பேப்பரில் தடவிக் காய வைத்துவிடு. அதில் அதிக அளவில் நீர் சேர்க்கப்பட்ட அயோடினால் எழுது. நீலமாகத் தெரியும். பின் சோடியம்தையோ சல்பேட் கொண்டு ஒரு துணியினால் தடவினால் எழுத்துகள் மறைந்து விடும்.

2. நீரிலிருந்து மை; மையிலிருந்து நீர்: புதிதாகக் கொதிக்க வைத்துத் தெளியவைத்த ஸ்டார்ச்சுக் கரைசலில் இரண்டு மூன்று துளிகள் நீர்த்த அயோடின் கரைசலை ஊற்று. கரு நீல நிறமாகும். பின் அதில் சிறிது 'ஹைபோ'வை (சோடியம் தையோ சல்பேட்) ஊற்று. நிறம் நீங்கிவிடும்.

3. 'நீரி'லிருந்து 'மை', 'மை'யிலிருந்து 'லெமனெட்', 'லெமனெட்'டிலிருந்து 'மது': வீரியம் வாய்ந்த 'தானிக்' அமிலத்தைத்

(Tannic Acid) தயாரித்துக் கொண்டு, சிறிதளவு ஒரு பீக்கரில் ஊற்றிக் கொள்ளவும்.

அதனுடன் இரண்டு அல்லது மூன்று துளி ஃபெரிக் ஆலத்தைச் (Ferric Alum) சேர்க்கவும். 'மை'யாகிறது.

இதனுடன் ஒரு தேக்கரண்டி அளவு பூரிதமாக்கப்பட்ட சிட்ரிக் அமிலத்தைச் சேர்க்கவும். 'லெமனட்' கிடைக்கிறது. இதனுடன் ஒரு தேக்கரண்டி அளவு நீர்த்த அமோனியாவைச் சேர்க்கவும். 'மது' கிடைக்கிறது.

இம் மதுவை மறுபடியும் 'நீரா'க மாற்ற வேண்டுமானால், நீர்த்த கந்தக அமிலத்தைச் சேர்க்கவும். நீராக மாறுகிறது.

இச் சோதனையைச் செய்யும்போது கவனமாக வரிசைக் கிரமமாகச் செய்தல் வேண்டும்.

4. மாயப் பாச்சை உருண்டை : ஒரு வாயு சாடியில் அல்லது கண்ணாடி தம்ளரில் சிறிது சோடியம் பைகார்பனேட்டையும், சிட்ரிக் அமிலப் படிகங்களையும் போடவும். நீரை ஊற்றியவுடன் அதிக அளவில் பொங்கி கரியமில வாயு வெளிவரும். இப்போது பாச்சை உருண்டைகள் இரண்டினைப் போடவும். இவற்றின்மீது கரியமிலவாயுக் குமிழ்கள் படிந்து பலூன் போல, இவ்வுருண்டைகளை நீரின் மேல்மட்டத்திற்குத் தூக்கிவிடும். வாயுக் குமிழ்கள் இப்போது வெளியேறிவிடுவதால், உருண்டைகள் நீரில் அமுங்கும்; மறுபடியும் மேலே வரும். இவ்வாறு சிறிது நேரம் மேலும் கீழுமாக அலைந்து வருவதைக் காணலாம்.

5. மறைந்துள்ள பெயரைக் கண்டுபிடித்தல் : இச் சோதனையைச் செய்யும் மாணவனுக்குக் கோட்டு (Coat) ஒன்று தேவை. அதிலுள்ள பாக்கெட்டில் இரு அறைகள் இருக்குமாறு துணியினைக் கொடுத்து அமைக்கவும்.

சோதனை செய்யத் தொடங்கு முன்னரே, ஒரு சிறிய காகிதத்தில் சர்க்கரைக் கரைசலைக் கொண்டு ஏதாவது ஒருவர் பெயரை 'முத்து' என்று எழுதி, மேசை டிராயரில் காயவைத்துவிடு. ஒரே மாதிரியாக அமைந்த தனித்தனி தாள்களில் அழகப்பன், கோலப்பன், முத்து என 10 வெவ்வேறு பெயர்களைப் பேனாவில் எழுதிக் கோட்டுப் பாக்கெட்டில் ஓர் அறையில் வைத்துக்கொள்ளவும். அதே போன்று கிழித்த 10 பேப்பர்

களிலும் 'முத்து' என்ற ஒரே பெயரைப் பேனுவினல் எழுதிக் கொண்டு கோட்டுப்பாக்கெட்டின் மற்ருேர் அறையில் வைத்துக்கொள்ளவும்.

சோதனை தொடங்கும்போது முதலில் எழுதிய 10 பேப்பர் களையும் கொடுத்து, இப் பத்தும் வெவ்வேறு பெயர்கள் என்பதை அறிந்துகொள்ளும்படி செய்யவும். இப்போது எல்லாவற்றையும் வாங்கி ஒரு பக்கெட்டின் அறையில் வைக் கவும். பின் வேருெரு பார்வையாளரை அழைத்து இப்பத்து சீட்டுகளை மறைத்து, மற்ருேர் அறையில் அமைந்துள்ள 10 சீட்டுகளில் ஏதாவது ஒரு சீட்டை மட்டும் எடுக்கும்படி சொல்லவும். அதில் எழுதப்பட்டுள்ள பெயர் சோதனை நடத்துபவர் அறிந்ததே. எல்லாவற்றிலும், பார்வையாளர் எடுத்ததிலும், 'முத்து' என்ற பெயரே அமையும். அச் சீட்டில் கண்ட பெயரைச் செய்பவருக்குச் சொல்லாமலும், காட்டா மலும், விளக்கில் கொளுத்திச் சாம்பலாக்கிக் கொடுக்குமாறு சொல்லவும்.

மேசை டிராயரில் காயவைத்து ஒரு பேப்பரைப் புதிதாக எடுப்பதுபோல் எடுத்து, அதில் இச் சாம்பலைத் தடவினுல், சர்க்கரை நீரினுல் முன்னர் எழுதிய முத்து என்ற எழுத்துகள் தெளிவாகும். அதைக் காட்டி சரி.., பார்க்கச் செய்தல் வேண்டும்.

6. குமுறும் எரிமலை: அட்டையினுலோ, களிமண்ணினுலோ மலைபோன்ற உருவத்தை அமைத்துக்கொள். மலையின் உச்சியில் சிறிது துவாரம் செய்து, அதில் ஒரு சிறு தகர டப்பாவை வைத்துவிடு. கீழேயிருந்து சாராய விளக்கினுல் உஷ்ணப்படுத்துமாறு பொந்து ஒன்று அமைக்கவும்.

பின் டப்பாவில் சிறிது அமோனியம் டைகுரோமேட் இரசாயனப் பொருளைப் போடவும். உஷ்ணப்படுத்தும்போது, அதிலிருந்து 4 மடங்குப் பொருள்கள் வெளியாகும். எரிமலை போன்று சிறிது சத்தத்துடனும் தூக்கியெறியப்படும். சற்று வெளிச்சம் மங்கிய இடத்தில் வைத்தால் விளைவு நன்கு அமையும்.

7. மாயத் தீ: பொட்டாசியம் பர்மாங்கனேட்டை அடர்கந்தக அமிலத்துடன் சேர்த்து, ஒரு சிறு துளியைக் கண்ணுடிக் குச்சி யினுல் எடுத்துச் சாராய விளக்கின் திரிக்கு எடுத்துச் சென்ருல், திரி எரிவதைப் பார்க்கலாம்.

8. மாய எழுத்துகள்: ஒரு தாளில் பொட்டாசியம் நைட்டிரேட்டு உப்புக் கரைசலைக் கொண்டு பெரிய அளவில் எழுத்துகளை எழுதிக் காய வை. எழுத்து தொடங்கும் இடத்தைக் கொள்ளிக் குச்சியினுலோ, எரியும் ஊதுவத்தியினுலோ தொட்டால் எழுதப்பட்ட எழுத்துகள் வழியே தீ ஓடி எழுத்துகள் நன்கு தெரியும்.

9. சாதாரண வெடி : அயோடினை அமோனியாவில் கலந்து கூழாக்கிக் கீழே தெளித்துவிடு. அப் பகுதிகளின்மீது நடந்து சென்றாலும், சூரிய வெப்பம் பட்டாலும் சிறிது வெடிக்கும்.

10. இரசாயன நீரூற்று : ஒரு கூம்புக் குடுவையில் அடர் அசிட்டிக் அமிலத்துடன் பாதி நீரைச் சேர்த்து ஊற்றி வை. அத் திரவத்தில் சிறிது சோடியம் பைகார்பனேட்டை ஒரு படி எடுக்கும் தாளில் (Tracing Paper) மடித்துப் போடவும். குடுவையை ஒரு கூர்முனையுடைய போக்குக்குழாயினுல் நன்ருக மூடி விடவும். கார்பன் டைஆக்ஸைடு பொங்கி அழுத்துவதால், திரவமானது கூர்முனைக் குழாய் வழியாக வேகமாக வெளியே தள்ளப்படும்.

11. இரத்தம் : எந்த ஒரு ஃபெரிக் உப்புடனுடனும், அமோனியம் தையோ சையனேட்டையோ பொட்டாசியம்தையோ சையனேட்டையோ கலந்தால், இரத்தச் சிவப்புக் கரைசல் ஏற்படும்.

12. வண்ண ஜாலங்கள் : சில இரசாயனப் பொருள்களை ஒன்று சேர்ப்பதால் ஏற்படும் வீழ்படிவின் வண்ணத்தைக் காட்டலாம்.

இரசாயனப் பொருள்கள்		வண்ணம்
(அ) கோபால்ட் குளோரைடு + சோடியம் கார்பனேட்	...	Pink
(ஆ) ஹைப்போ + தாமிர சல்பேட்	...	கருப்பு
(இ) ஃபெர்ரஸ் சல்பேட் + அமோனியா	...	பச்சை
(ஈ) சோடியம் கார்பனேட் + தாமிர சல்பேட்டு	...	நீலம்
(உ) ஆலம் + அமோனியா	...	வெள்ளை
(ஊ) இரும்பு ஆலம் + அமோனியா	...	பழுப்பு

(எ) காரீய நைட்டிரேட் + பொட்டாசியம் அயோடைடு ... மஞ்சள் (Sacrlet Yellow)

(ஏ) மெர்குரிக் அயோடைடு + பொட்டாசியம் அயோடைடு ... சிவப்பு

13. வேதியியல் பூங்கா : சுமார் 500 CC வெப்பமான நீரில் 'சோடியம் சிலிகேட்'டைச் (Sodium Silicate) சிறிது கரைத்து அடர்த்தியுள்ளதாகச் செய்யவும். கரைசலைக் கண்ணாடி பீக்கருக்கு மாற்றவும். கரைசல் குளிர்ந்ததும் அதில் ஒவ்வொரு படிகத்திலும் நான்கு அல்லது ஐந்தாக ஆலம் (Alum), தாமிர சல்பேட், ஃபெர்ரஸ் சல்பேட், ஃபெர்ரிக் குளோரைடு, கோபால்டு குளோரைட் போன்றவற்றைப் போட்டு, பீக்கரை அசைக்காமல் ஓர் இடத்தில் வைத்துவிடவும். ஓரிரு நாட்களில் படிகங்கள் வளர்ந்து வந்தவை போல் காட்சி அளிக்கும். அவை பார்ப்பதற்குச் செடிகள் வளர்ந்துள்ளவை போலத் தோன்றும். பெரிய கண்ணாடித் தொட்டிகளில் அமைத்தால், இரண்டு நாள்கள் கழித்து மெதுவாக வடிகுழாய் முறையில் உள்ள சிலிகேட் கரைசலை நீக்கிவிட்டு, நீரை நிரப்பிவிட்டால் படிகங்களின் வளர்ச்சி மிகத் தெளிவாகத் தோன்றும்.

14. விநோத வண்ண மாற்றம்: ஒரு சோதனைக்குழலில் பாதியளவு 'போரக்ஸ்' ஐ (Borax) நீருடன் சேர்த்துக் கரைத்து, அதில் ஒன்று அல்லது இரண்டு சொட்டு பினால்ப்தலினைச் சேர். கரைசல் 'ரோஸ்-சிவப்பு' நிறமாகும். இரண்டு சொட்டுக் கிளிசரினுடன் சிறிது நீர் கலந்து கரைசலின் 'ரோஸ்—சிவப்பு' வண்ணம் மறைந்து போகும் வரை சேர். இப்போது சோதனைக்குழலைச் சிறிது வெப்பப்படுத்தினால், சிவப்பு நிறம் மீண்டும் தோன்றும்; குளிர்ந்தவுடன் மறுபடியும் மறைந்துவிடும். இது போன்று பலமுறை நிகழும்.

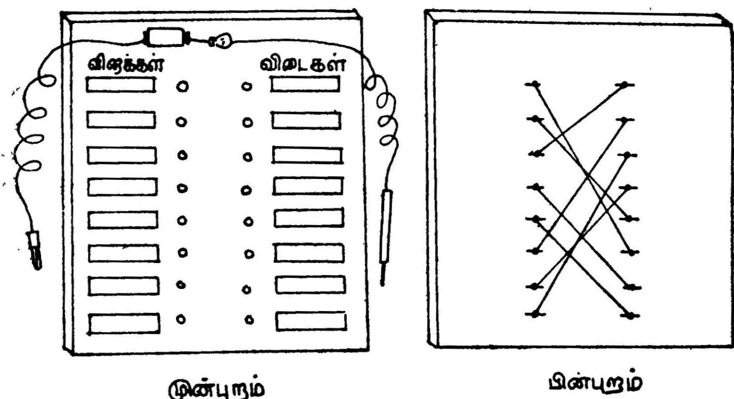
கிளிசரினுக்குப் பதிலாக, சர்க்கரை நீரையும் பயன்படுத்தலாம்.

15. எரியாமல் புகை: ஊதுவத்தியை அடர் ஹைடிரோகுளோரிக் அமிலத்தில் நனைத்துக்கொண்டு அமோனியா சாடியின் வாயில் கொண்டு வந்தால் ஏராளமான புகை வருதைக் காணலாம்.

16. மாயத் தீ : சர்க்கரையையும், பொட்டாசியம் குளோரேட்டையும் அல்லது பொட்டாசியம் நைட்டிரேட்டையும்

சேர்த்து அதில் சிறிது அடர்நைட்ரிக் அமிலம் சொட்டுகளை விட்டால் தீ பற்றி எரியும்.

17. விடுகதைப் பலகை (Quiz Board) : படத்தில் காட்டியது போல் ஒரு பலகையில் ஒரு பக்கத்தில் அறிவியல் அறிஞர்களையும், மற்றொரு பக்கத்தில் அவர்கள் கண்டுபிடித்த அறிவியல் கருவிகளைத் தாறுமாறாகவும் எழுதி வை. ஒவ்வோர் அறிவியல் அறிஞருக்கும் அவர் கண்டுபிடித்த கருவிக்கும் அருகில் ஒரு பொத்தான் உள்ளது மின்னிணைப்புகளைப் படத்தில் காட்டியதுபோல் செய்யவும். மின்கலத்தைப் பலகையில் இணைக்கவும். மின்சுற்றில் ஒரு பல்பை இணைத்தால், சுற்று பூர்த்தியாகும்போது எரியும். இரசாயனப் பொருள்களின் பெயரையும், அவற்றின் குறியீடுகளையும் இதுபோன்று இணைக்கலாம்.

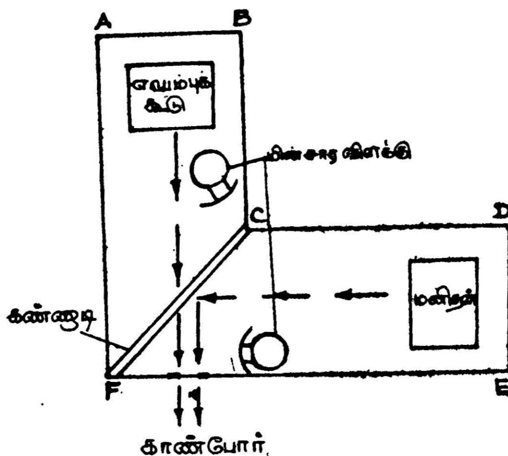


படம் 24

விடுகதைப் பலகை

18. மனிதனும், எலும்புக்கூடும் : படத்தில் காட்டியது போன்று சுமார் 1 மீட்டர் உயரமுள்ள கண்ணாடியை 45° சாய்வாக அமைத்துக்கொள்ளவும். ஒரு பக்கத்தில் ஒரு மாணவனையும், மற்றொரு பக்கத்தில் ஓர் எலும்புக்கூட்டையும் ஒரே உயரத்தில் அமைத்துக் கொள்ளவும். இரண்டு இடங்களையும் மாற்றி மாற்றி வெளிச்சமேற்படுத்த சுவிட்சு அமைப்பு இருத்தல் வேண்டும். ஒளிக்கதிர் ஒரு பக்கத்தில் கண்ணாடி வழியாக நேராகவும், மறுபுறத்திலிருந்து கண்ணா

டியில் பட்டு பிரதிபலித்தும் வருகின்றன. ABCDEF பகுதியைத் தக்கவாறு கருப்புத் திரையிட்டு மறைக்க.



படம் 25
மனிதனும், எலும்புக்கூடும்

19. சீசாவினுள் முட்டை : ஒரு முட்டை சாதாரணமாக நுழைய முடியாத வாயுள்ள சீசாவை எடுத்துக்கொண்டு அதற்குள் சிறிது ஸ்பிரிட்டை ஊற்றி எரியச் செய். அதே நேரத்தில் ஒரு வேக வைத்து உரித்த முட்டையை அதன் வாய்ப்பாகத்தில் வைக்கவும் எரிந்து காற்று வெளியேறியவுடன் முட்டையானது தானுகவே உடையாமல் சீசாவினுள் சென்று விடும்.

20. காந்த விசைக் கோடுகளின் படம் தயாரித்தல்: பெரிய பாத்திரத்தில் மெழுகை உருக்கி, அத் திரவத்தில் ஒரு தாளினை நனைத்துக் காயவிடு. ஒரு சட்ட காந்தத்தை மேசைமீது வைத்து, அதன்மீது, உலர்ந்த மெழுகுத்தாளை வை. சுமார் 30 செ. மீ. உயரத்திலிருந்து இரும்புத்தூளை மெழுகுத் தாளின்மீது தூவு. அவை குறிப்பிட்ட திசைகளில் படமாக அமைந்தபின் மெதுவாக அசைக்காமல் தாளை எடுத்து 100 வாட் சக்தியுள்ள மின்சார பல்பினுல் தாளின் கீழ்ப் பகுதி முழுவதையும் தொடச் செய். பின் உலர வைத்துவிடு. இரும்புத்தூள்கள் நிலையாகக் காந்த விசைக் கோடுகளின் மீது படிந்து விடுகின்றன.

பின்னிணைப்பு—3

நீல அச்சு (Blue Print) தயாரிக்கும் முறை

இந்தியா மையினுல் (Indian Ink) கோடுகள் வரையப்பட்ட படங்களைப் பல அச்சுகளில் எடுக்க நீல அச்சு முறையை உபயோகிக்கலாம். இதில் படங்கள், நீலப் பின்னணியில் வெள்ளைக் கோடுகளாக விழுகின்றன. முதலில் தேவையான படத்தைக் காப்பி செய்யும் பேப்பரில் (Tracing Paper) வேண்டிய அளவுக்கு இந்தியா மையினுல் வரைந்து கொள்ளவும்.

தேவையான இரசாயனப் பொருள்கள்

(1) 30 கிராம் ஃபெரிக் அமோனியம் சிட்ரேட்டை 100 ml. நீரில் கரைத்துக் கொள்ளவும்.

(2) 10 கிராம் பொட்டாசியம் ஃபெர்ரி சையனேட்டையும் (Potassium Ferricyanide) 5 கிராம் கோந்தையும் (Gum Arabic) 100 ml. நீரில் கரைத்துக் கொள்ளவும்.

இவ்வாறு தயாரித்த இரண்டு திரவங்களையும் தனித்தனியாக பாட்டில்களில் வைத்து வேண்டும்போது சரியளவு சேர்த்து, ஒரு டிராயிங் பேப்பரில் பஞ்சினைக் கொண்டோ ஒரு புருசைக் (Brush) கொண்டோ ஒரே அளவாகத் தடவி இருட்டான இடத்தில் காய வைக்கவும். பின் இந்தியா மையினுல் வரைந்த படத்தைப் படம் மேல் நோக்கி இருக்குமாறு திரவம் தடவப்பட்ட பரப்பின்மீது வைத்து, ஃபோட்டோ பட அச்சு எடுக்கும் கருவியில் (Photographic Printing Frame) வைத்து வரைப்படத்தின்மீது சூரிய வெளிச்சம் விழுமாறு நன்ருகக் காயும் வெயிலில் சுமார் ஐந்து முதல் ஏழு நிமிடங்கள் வரை வைக்கவும். சூரியனின் கதிர்கள் படத்தின்மூலம் ஊடுருவிச் சென்று திரவம் பூசப்பட்ட பாகத்தைத் தாக்குகின்றன. குறிப்பிட்ட நேரங்கழித்து அவ்வாறு வெளிச்சம் பாதிக்கப்பட்ட பேப்பரைச் சில துளிகள் ஹைடிரோகுளோரிக் அமிலம் கலந்த நீர்த்தொட்டியில் போட்டுக் கழுவினுல், நீர் அச்சு கிடைக்கும். இவ்வாறு கிடைத்த அச்சினை மையொற்றும் தாளினுல் அழுத்தி, நீரை நீக்கி நிழலில் காய வைக்கவும்.

குறிப்பு : மேலே கண்ட திரவங்கள் வெளிச்சத்திஞல் பாதிக்கக் கூடியவையாதலின், அவற்றைச் சிறிதளவே தயாரித்து, இருட்டான இடத்திலோ, பழுப்பு நிற பாட்டில்களிலோ சேமித்து வைத்தல் வேண்டும்.

பின்னிணைப்பு—4

நழுவம் தயாரிக்கும் முறை

3¼ அங்குல சதுரமும், 1/16 அங்குலம் கனமும் உள்ள கண்ணாடித் தகடுகளை வெட்டிக் கொள்ளவும். அவற்றை நன்றாகக் கழுவி உலர்த்தவும். உலர்த்திய பின்னர் அவற்றின் முனைகளைக் கொண்டே கையாளுதல் வேண்டும். நழுவத்தில் எந்தப் படத்தை வரைய வேண்டுமோ அப் படத்தை முதலில் 2¼ அங்குலமுள்ள சதுரத்தாளில் வரைந்து கொள்ளவும். வரையப்பட்ட படத்தில் விளக்கங்களும், விளக்கக் குறிப்புகளும் குறைவாயிருப்பது நல்லது. கழுவிக் காய வைக்கப்பட்ட கண்ணாடித் தகட்டை அப் படத்தின் மீது வைத்து இந்தியா மையினால், இந்தியா மையை உபயோகிக்கும் பேனாவினால் மெல்லிய கோடுகளாகப் படத்தின் படியை எடுக்கவும். படங்கள் முற்றிலும் இந்தியா மையினால் (Indian Ink) வரையப்பட வேண்டும். அப் படம் குறிப்பிட்ட அளவே திரையில் தெரிய, 3¼ அங்குலத்தில் சதுரமாகவும், நடுவில் ஒளி புகுந்து செல்லுமாறு 2½ அங்குல சதுரத்திற்கு வெட்டியெடுத்தது மான கருப்பு பேப்பரைப் (Mask) பயன்படுத்த வேண்டும். நழுவத்தில் வரைந்த படத்தைப் பாதுகாக்க, படத்தின்மேல் Maskஐ வைத்து, படம் வரையப்பட்ட பரப்பின்மேல் அதே அளவான 3¼ அங்குல சதுரமான வேறொரு கண்ணாடித் தகட்டைப் பொருத்தி, இரண்டு தகடுகளையும் நான்கு பக்கங்களிலும் கருப்புத் தாளினால் ஒன்றாக இணைக்கவும். நழுவத்தை பிம்பம் வீழ்த்தியில் போடும்போது தலைகீழாகப் போட்டால்தான், திரையில் நேராக விழும். ஆகவே, அதைக் குறிக்கும் பொருட்டு நழுவம் எவ்வாறு நழுவம்தாங்கியில் அமைய வேண்டும் என்பதைக் குறிக்கும் வகையில் ஒரு குறியை ஒட்டலாம்.

கண்ணாடித் தகட்டில் படம் வரைவதற்கு ஏற்றாற்போல் ஒரு பரப்பை அமைக்கக் கீழ்க்காணும் முறைகளைப் பயன்படுத்தலாம்:

முறை 1. முட்டையை உடைத்து அதிலுள்ள முட்டை வெள்ளையை (Egg Albumen) மட்டும் எடுத்துக்கொண்டு, ஒரு புருசினால் கழுவிக் காய வைக்கப்பட்ட கண்ணாடித் தகட்டின்மீது தடவவும். உலர்ந்த பின், அத் தகட்டைப் பேப்பரில் வரைந்த படத்தின்மீது தடவப்பட்ட பரப்புமேல் அமையுமாறு வைத்து, இந்தியா மையினால்

மெல்லிய பேனு (Indian Ink Pen) கொண்டு படத்தை மெல்லிய கோடுகளால் வரையலாம்.

முறை 2. ஒரு புறம் தேய்க்கப்பட்ட கண்ணுடியைத் (Ground Class Plate) தேர்ந்தெடுத்து, அதன்மீது நேரிடையாகப் படத்தினை வரையலாம். இதன்மூலம் ஒளியும் செல்லும். தேய்க்கப்பட்ட கண்ணுடி செய்ய வேறொரு கண்ணுடித் தகட்டின்மீது கார்பரண்டம் (Carbo-randum) தூளைக் கொட்டி, அதன்மீது 3¼ அங்குலச் சதுரத் தகட்டை வைத்து ஒரே அளவாகத் தேய்க்கலாம்.

முறை 3. ஜிலேடின் (Gelatine) என்ற பொருளைச் சூடான நீரில் கலந்து, போதிய அளவு குழைவு ஏற்பட்டவுடன், அத் திரவத்தைக் கண்ணுடித் தகட்டின் ஒரு பக்கத்தில் தடவிப் பயன்படுத்தலாம். மற்ற செய்முறைகள் பொதுவானவை.

முறை 4. செலுலாய்டு பிலிமை அமில் அசிடேட்டில் (Amyl Acetate) கரைத்து, அக் கரைசலைக் கொண்டு கண்ணுடித் தகட்டின் ஒருபுறம் தடவி, படம் வரையலாம்.

முறை 5. இந்தியா மை கொண்டு 'செலபேன்' (Cellaphane) தாளில் 3¼″×3¼″ அளவிற்குப் படம் வரைந்து, அப் படம் வரையப்பட்ட தாளின் இரண்டு கண்ணுடித் தகடுகளின் நடுவில் அமைத்து நழுவம் தயாரிக்கலாம்.

முறை 6. கண்ணுடியில் எழுதும் வண்ணப் பென்சில் (Glass Marking Pencil) கொண்டு நேரிடையாகக் கண்ணுடித் தகடுகளில் படம் வரைந்து பயன்படுத்தலாம். ஆனுல் இவ் வகைப் பென்சில்களால் மெல்லிய கோடுகளை வரைவது கடினம். ஆகவே, உடனடித் தேவைக்குத் தற்காலிகமாக இம் முறையில் தயாரிக்கலாம்.

முறை 7. பொருளை நிழற்படம் எடுத்துக்கொண்டு, அதனுடைய 'நெகட்டிவை'க் (Negative) கொண்டு, நிழற்பட நழுவங்கள் தயாரிக்கலாம். அல்லது 3ஆம் வகையில் தயாரிக்கப்பட்ட எல்லா நழுவங்களையும் வண்ணப் படுத்தலாம். ஆனுல், நிழற்படக் கலையில் பயன்படுத்தப்படும் வண்ணக் குறிப்புகளையே (Transparent Water Colours) மெல்லியதாகப் புருசினுல் தடவித் தயாரிக்கலாம்.

பள்ளியில் பட்டறை (School WorkShop)

ஒவ்வோர் ஆய்வுக் கூடத்திலும் கருவிகள் பழுது அடைந்தால் செப்பனிடவும், கருவிகளை ஆக்கவும் சில வசதிகள், பொருள்கள், ஆயுதங்கள் தேவைப்படுகின்றன. அறிவியல் ஆசிரியர் ஒவ்வொருவரும் மரவேலை, உலோகவேலை ஆகியவற்றில் சிறிதளவாவது தேர்ச்சியடைந்திருத்தல் வேண்டும். கண்ணாடித் தகடுகள், குழாய்கள் போன்றவற்றைக் கொண்டு கருவிகள் செய்யப் பழக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும். கைத்திறன் மிக்க ஆசிரியர் பாட விளக்கம் செய்யத் தேவையான உபகரணங்கள், துணைக்கருவிகள் முதலியவற்றைத் தாமே எளிதில் செய்து கொள்ளலாம். பள்ளியில் எரிவாயு தயார் செய்யும் கருவி இருந்தால் (Petrol gas generator) கண்ணாடிக் குழாய்கள் பல அளவில் வாங்கித் தேவையான உபகரணங்களைச் செய்துகொள்ளலாம். 5′×3′×3″ அளவுள்ள ஒரு பெரிய மேசையை வேலை செய்யும் மேசையாக (Work Bench) அமைத்து, கருவிகளைப் பழுது பார்க்கலாம்.

மரவேலைக்குத் தேவையான கருவிகள்

1.	Hand Saw	15″	— 1 no.
2.	Tenon Saw	12″	— 1 no.
3.	Firmer Chisel	1″	— 1 no.
4.	Paring Chisel	1″	— 1 no.
5.	Mortise Chisel	½″	— 1 no.
6.	Mallot		— 1 no.
7.	Marking Gauge		— 1 no.
8.	Ball Peen Hammer Cast Steel	1lb	— 1 no.
9.	— Do — Claw		— 1 no.
10.	Screw Drivers (London Pattern Assorted)		— 3 nos.
11.	Bradawl		— 1 no.
12.	Hand Drill ¼″ Maximum Capacity		1 no.
13.	Twist Drills		— 1 set
14.	Wood Rasp	6″	— 1 no.
15.	Smoothing Plane - Stanley Type		— 1 no.

உலோக வேலைக்கு

1.	Fitting Vice	4″	— 1 no.
2.	Centre Punch		— 1 ,,

3.	Cold Chisel	½″	— 1 no.
4.	Flat File (Smooth - Rough)	6″	— 6 nos. (3 in each)
5.	Triangular File (Smooth - Rough)	4″	— 4 nos. (2 in each)
6.	Rat tail File	6″	— 1 no.
7.	— Do —	4″	— 1 no.
8.	Cutting Pliar	6″	— 1 no.
9.	Nose Pliar	6″	— 1 no.
10.	Metal Shears	6″	— 1 no.
11.	Vice Grip Pliars	6″	— 1 no.
12.	Spanner		one set of six
13.	Screw Drivers (assorted sizes)		— 4 nos.
14.	Jeweller's Screw Driver		— 1 set
15.	Steel foot Rule		— 1 no.
16.	Hack Saw		— 1 no.
17.	Hand Grinder		— 1 no.
18.	Soldering Iron	65 w	— 1 no.
19.	Soldering Iron	25 w	— 1 no.

கண்ணாடித்தகடுகளை வெட்ட

Glass Cutter — 1 no.

வேறு செலவாகக்கூடிய (Consumable) பொருள்கள்

1. Solder
2. Fluxite
3. Wire Nails (assorted sizes)
4. Screws wood (assorted sizes)
5. Machine Screws and Bolts (assorted sizes)
6. Sand Paper (various grades)
7. Emery Paper (various grades)
8. Fevicol
9. G 1 Wires (assorted gauges)
10. G 1 Sheets, Aluminium Sheets, Dealwood, Plywood etc.

மாதிரிப் பொருள்கள் செய்ய

1. Plastic Sheets PVC } Clear transparent or tinted or
2. ,, Penpex } opaque
3. Thermocole

பிளாஸ்டிக்கை மடக்கStrip heater open element sheater

பிளாஸ்டிக்கை ஒட்ட — Chloroform

Thermocole ஒட்ட — Fevicol

பிளாஸ்டிக் தகடுகளை மிக எளிதாகத் தேவையான அளவில் வெட்டலாம்; துளை செய்யலாம், மின் அடுப்பில் சூடு காட்டி வளைக்கலாம். இரு அக்ரலிக் துண்டுகளை எளிதாகக் குளோரோ பாரம் கொண்டு ஒட்டலாம். பிளாஸ்டிக் தகடுகளைப் பயன் படுத்திப் பல உபகரணங்கள் செய்யலாம்.

Thermocole என்னும் பொருள் கனம் அதிகமில்லாதது. இதை எளிதில் தேவையான அளவுக்கு வெட்டலாம். மின் சக்தியைப் பாய்ச்சி நிக்ரோம் (Nichrome) கம்பியைச் சூடு படுத்தித் 'தர்மோகோலை' வெட்டலாம். இரு தெர்மோகோல் துண்டங்களைப் ஃபீவிகால் (Fevicol) கொண்டு ஒட்டலாம். ஃபீவி கால் மரம், அட்டை, காகிதம் முதலியவற்றையும் ஒட்டும்.

பின்னிணைப்பு—5

நிழற்பட வேலைக்கு இருட்டறைக்குத் தேவையான தளவாடங்கள்

(Photography Dark Room)

1.	பாதுகாப்பு விளக்குகள் (Safe Lights)	2 மஞ்சள், சிவப்பு
2.	கழுவுநீர்த் தொட்டி	1
3.	தெர்மாமீட்டர்	1
4.	Full Plate Dishes -Plastic	3
5.	Half Plate Dishes ,,	3
6.	Quarter Plate Dishes ,,	3
7.	Contact Printing Frame (Full Plate) $8\frac{1}{2}\times6\frac{1}{2}''$	1
8.	படம் பெருக்கி (Enlarger)	1
9.	Film Clips	1
10.	60 செகண்டு வரை நேரங்காட்டும் கருவி (Process Timer)	1
11.	பகலில் உருத்துலக்கும் கருவி (Daylight Developing Tank)	1
12.	புனல்	2
13.	அளவு சாடி C.Cயும் அவுன்சிலும் குறித்தது.	1
14.	இரசாயனப் பொருள்கள்	
	1. போரக்ஸ் — (Borax)	
	2. மெட்டால் — (Metol or Elon)	
	3. சோடியம் சல்பைட் (Sodium Sulphite)	
	4. ஹைடிரோகுவினொன் (Hydro Quinone)	
	5. சோடியம் தையோசல்பேட் (Sodium Thio-Sulphite) (Hypo)	
	6. பொட்டாசியம் அல்லது சோடியம் புரோமைடு (Potassium or Sodiun Bromide)	
15.	Glazing Machine	1
16.	Print Trimmer	1

பின்னிணைப்பு—6

வேதியியல் உயர்நிலைப் பள்ளி ஆய்வகத்தில் சேமித்து வைக்கப்படும் இரசாயனப் பொருள்களைப் பற்றிய சில தகவல்கள்

கசியும், நீர் உறிஞ்சும் பொருள்களின் பட்டியல்

அமோனியம் தையோசைனேட்	கோபால்ட் நைட்ரேட்டு
பேரியம் குளோரைடு	தாமிர குளோரைடு
பேரியம் சல்பைடு	மக்னீசியம் குளோரைடு
கால்சியம் ஆக்ஸைடு	சோடியம் நைட்டிரேட்டு
கால்சியம் குளோரைடு	சோடியம் ஹைடிராக்ஸைடு
குரோமியம் சல்பேட்டு	துத்தநாகக் குளோரைடு
கோபால்ட் குளோரைடு	துத்தநாக நைட்டிரேட்டு

தூள்பூக்கும் பொருள்களின் பட்டியல்

அமோனியம் கார்பனேட்டு	சோடியம் அசிடேட்
போரக்ஸ்	சோடியம் கார்பனேட்டு
மக்னீசியம் சல்பேட்டு	சோடியம் பாஸ்பேட்டு
பொட்டாசியம் ஃபெர்ரோசயனைடு	சோடியம் சல்பேட்டு

தீ பற்றி எரியும் பொருள்களும் திரவங்களும்

பாஸ்வரம் (எப்பொழுதும் நீரில் வைத்திருத்தல் வேண்டும்.)

சோடியம் (எப்பொழுதும் மண்ணெண்ணெயில் வைத்திருத்தல் வேண்டும்.)

பொட்டாசியம் (எப்பொழுதும் மண்ணெண்ணெயில் வைத்திருத்தல் வேண்டும்.)

கார்பன்–டை–சல்பைடு

ஆல்கஹால்

பென்சீன்

பினைல்

பெட்ரோல்

ஈதர்–(எளிதில் ஆவியாகும்)

சாராயம்

மண்ணெண்ணெய்

நச்சுப் பொருள்களின் பட்டியல்

மெதில் ஆல்கஹால்	காரீயத்தின் கூட்டுப் பொருள்கள்
'ஆர்சனிக்' கின் கூட்டுப்பொருள்	மஞ்சள் பாஸ்வரம்
ஆண்டிமணியின் கூட்டுப் பொருள்கள்	தாமிர சல்பேட்டு
பேரியம் கூட்டுப்பொருள்கள்	குளோரோபாரம்
சயனைடுகள்	பார்மால்டிஹைடு
பாதரசக் கூட்டுப்பொருள்கள்	

நச்சு வாயுக்களின் பட்டியல்

அமோனியா	கார்பன் மோனாக்ஸைடு
ஆர்சீன்	ஹைடிரஜன் சல்பைடு
புரோமின்	கந்தக டை ஆக்ஸைடு
ஃபுளூரின்	பாஸ்ஜீன்
குளோரின்	நைட்ரஸ் ஆவி

பின்னிணைப்பு—7

எளிதில் கிடைக்கக்கூடிய பொருள்களைக் கொண்டு அமைக்கப்படும் சில கருவிகளின் பட்டியல்

புவிஈர்ப்பு மையத்தை விளக்கும் கருவிகள்
அனிராய்டு பாரமானி
திரவங்களின் மேல்நோக்கி, கீழ்நோக்கி அழுத்தம், பக்கவாட்டு அழுத்தம்
வழிந்தோடும் சாடி
சாய்தளம்
ஊசித்துவார காமிரா
கலைடாஸ்கோப்
தொலைநோக்கி
நீராவி என்ஜின்
மின்சார மணி
மின்காந்தங்கள்
தந்தி
கார்பன் மைக்ரபோன்
ஸ்டிராபாஸ்கோப் (Stroboscope)
கால்வனஸ்கோப்
சாதாரண ஹைடிராமீட்டர்
நியூட்டனின் வண்ணத்தகடு
அலைகள் ஏற்படுத்தும் Ripple Tank
படிக ரேடியோ
டிரான்சிஸ்டர் ரேடியோ
இரும்புக்குண்டும் வளையமும்
டேவியின் பாதுகாப்பு விளக்கு
அகதகன என்ஜின் மாதிரி
சரிவு கோணமானி
உலோக இலை மின்காட்டி
மழைமானி

'Unesco-New Source Book For Science Teaching' என்ற நூலினைப் பயன்படுத்திப் பல கருவிகள் செய்யலாம். 'Scientific American', 'Practical Electronics', 'Science Today,' 'Popular Science', 'Popular 'Mechanics' போன்ற பல சஞ்சிகைகளும், கருவிகள் அமைக்கத் தேவையான குறிப்புகளும், செய்திகளும் கிடைக்கும்.

பின்னிணைப்பு—8

3000 க.செ.மீ. வாயு தயாரிப்பதற்குத் தேவையான இரசாயனப் பொருள்களின் சுமாரான அளவு கீழே அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது:

1.	அமோனியா............................	8 கி. அமோனியம் குளோரைடு, 10 கி. சுட்ட சுண்ணும்பு
2.	கார்பன் டை ஆக்ஸைடு..............	14 கி. கால்சியம் கார்பனேட், 30 C. C. அடர்ஹைடிரோ குளோரிக் அமிலம்.
3.	குளோரின்..............................	12 கி. மங்கனீசு டை ஆக்ஸைடு அல்லது (9 கி. பொட்டாசியம் பர்மாங்கனேட்), 63 C. C. அடர் ஹைடிரோ குளோரிக் அமிலம்.
4.	ஹைடிரஜன்............................	9 கி. துத்தநாகம், 9 C.C. அடர் கந்தக அமிலத்தை 80 C.C. நீரில் கலந்துகொள்ள வேண்டும்.
5.	ஹைடிரஜன்............................	12 கி. அயச சல்பைடு, 30 C.C. அடர் ஹைடிரோ குளோரிக் அமிலம்.
6.	நைட்ரஸ் ஆக்ஸைடு....................	12 கி. சோடியம் நைட்ரேட்டு, 9 கி. அமோனியம் சல்பேட்டு.
7.	ஆக்ஸிஜன்..............................	12 கி. பொட்டாசியம் குளோரேட், 3 கி. மங்கனீசு டைஆக்ஸைடு.
8.	கந்தகடை ஆக்ஸைடு..................	9 கி. தாமிரம், 18 C. C. அடர் கந்தக அமிலம்.

பின்னிணைப்பு—9

அறிவியல் திட்டத்தை மதிப்பீடு செய்ய உதவும் குறிப்புப் பட்டியல்

பள்ளியின் அறிவியல் பகுதியை மதிப்பீடு செய்ய உதவும் குறிப்புப் பட்டியல் (Check List) ஒன்று கீழே கொடுக்கப் பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு வினாவிற்கும் எதிரில் விடையளிப்பதற்கு நான்கு வரிசைகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. பொருத்தமான இடங்களில் (X) குறியிட்டுத் தெரிவிக்கலாம். இங்குக் கொடுக்கப் பட்டுள்ள பட்டியல் ஒரு மாதிரியே தவிர, முழுமையான பட்டியல் அல்லது பொருத்தமற்றவற்றை ஒதுக்கி விடலாம். புதியவற்றை இணைத்துக் கொள்ளலாம்.

	மிகுந்த அளவு	ஓரளவு	மிகச் சிறிய அளவு	வேறு ஏதேனும் இருப்பின்
	3	2	1	0
I. பாடப்பகுதியைத் திட்டமிடுதல்				
1. அறிவியலுக்கென்று ஒவ்வொரு வகுப்பிற்கும் ஒதுக்கப்பட்டுள்ள நேரம் அறிவியல் திட்டத்தின் நோக்கங்களை அடையப் போதுமானதா ?				
2. அறிவியல் மனப்பான்மையை வளர்க்கவும், ஆராயும் முறையில் பயிற்சிக் கொடுக்கவும் முடிவு அறியாத சோதனைகளும் (Open Ended Experiments), புதிர் தீர்க்கும் சோதனைகளும் (Problem Solving Experiments) அமைக்கப்படுகின்றனவா ?				

	மிகுந்த அளவு	ஓரளவு	மிகச் சிறிய அளவு	வேறு ஏதேனும் இருப்பின்
	3	2	1	0
3. ஆய்வக வேலையில் பயிற்சி பெறவும், நேரிடை அனுபவங்களைப் பெறுவதற்கும் வாய்ப்புகள் அளிக்கப்படுகின்றனவா ?				
4. உயர்வகுப்புகளுக்கு ஆய்வக வேலைக்கெனத் தொடர்ச்சியாக இரண்டு பாட வேளைகளோ வேறு முறைகளோ கையாளப்படுகின்றனவா ?				
5. திறமை படைத்த மாணவர்கள் தனிப்பட்ட செயல்களில் ஈடுபடவும், செயல் திட்டங்களை மேற்கொள்ளவும், பள்ளியின் ஆய்வகத்தில் வேலைநேரம் தவிர்த்து மற்ற நேரங்களில் அனுமதிக்கப்படுகின்றதா ?				
6. வெளிப் பயணங்கள் செல்வதற்கும், வேறு நேரிடை அனுபவங்களைப் பெறவும், உள்ளூரில் அமைந்த தொழிற்சாலைகள், அறிவியல் சம்பந்தமான இடங்களுடன் தொடர்பு கொள்ளப்பட்டதா ?				
7. பள்ளியின் அறிவியல் பகுதிக்கு ஆலோசனை கூறவும், சில செயல்களில் பங்கு கொள்ளவும், மாணவர்களுக்கு அறிவியல் தொடர்பான செய்திகளைப்பற்றி உரையாற்றவும் உள்ளூரில் உள்ள அறிவியல் துறையில் ஆர்வமுள்ள அறிஞர்களின் துணை அவ்வப்போது நாடப்பட்டதா ?				

	மிகுந்த அளவு	ஓரளவு	மிகச் சிறிய அளவு	வேறு ஏதேனும் இருப்பின்
	3	2	1	0
II. கற்பிக்கும் முறைகள்				
1. எல்லா வகுப்பில் பயிலும் மாண வருக்குக் கீழ்க்கண்ட அனுபவங்கள் கொடுக்கப்பட்டனவா ?				
(அ) அறிவியல் உற்றுநோக்கலை (Scientific Observation) வளர்க்க உதவும் பயிற்சிகள்.				
(ஆ) கருதுகோள்களைச் சோதித்து அறிய உதவும் கட்டுப்பாட்டுச் சோதனைகளில் பயிற்சி.				
(இ) புதிர்களை ஆராய்ந்து, வரம் பை நிர்ணயிப்பதில் பயிற்சி.				
(ஈ) அளவீடுகள் காணுவதற்குரிய கருவிகளைப் பயன்படுத்துதல்.				
(உ) புள்ளி விவரங்களையும், கணக் கீடுகளையும் ஒழுங்குபடுத்தும் முறை				
(ஊ) சேகரித்த தகவல்களைக் கொண்டு மதிப்பிடுதலும், விளக்கிச் சொல்லுதலும்.				
(எ) போதிய விவரங்கள் சேகரிக் கப்படாதவரை திறந்த மனத் துடன் செயல்படுதல்.				
2. அறிவியல் தத்துவங்கள் பெரிதும் நூலினைப் படித்துப் பெறுமல் அனு பவ வாயிலாக மாணவர்கள் பங்கு கொண்டு அறியப்படுவதற்கு வாய்ப்புகள் அளிக்கப்படுகின்றன வா ?				
3. மாணவர்கள சமையல் குறிப்புகள் போன்று அமைந்த ஆய்வக வேலை				

	மிகுந்த அளவு	ஓரளவு	மிகச் சிறிய அளவு	வேறு ஏதேனும் இருப்பின்
	3	2	1	0
முறையில் ஈடுபடாமல் உண்மையிலேயே சிந்தனையை வளர்க்கும் சோதனைகளில் ஈடுபடுத்தப்படுகின்றனரா ?				
4. செய்துகாட்டும் சோதனைகள் அறிவியல் தத்துவங்களை விளக்கும் வகையில் மட்டும் பயன்படுத்தாமல் மாணவரது ஆய்வுச் சிந்தனையையும், விவாதத்திறமையையும் வளர்க்கும் வழியில் அமைக்கப்படுகின்றனவா ?				
5. மாணவர்கள் புதிய ஆய்வுகளை நடத்தத் தூண்டப்படுகின்றனரா ?				
VIII. மதிப்பிடுதல்				
1. மாணவரது அடைவினை மதிப்பிடும்போது கீழ்க்கண்ட முறைகள் எந்த அளவிற்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன ?				
(அ) வாழ்க்கைத் துணுக்குப் பதிவுகள்.				
(ஆ) புற ஆய்வுச் சோதனைகள்.				
(இ) கட்டுரை முறைத் தேர்வு				
(ஈ) ஆய்வக வேலையில் செயற்படும் முறையை உற்றுநோக்குதல்.				
(உ) தர அளவு (Rating Scale)				
2. மாணவரது அறிவியல் அறிவைச் சோதித்தறியத் தரப்படுத்தப்பட்ட சோதனைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றனவா ?				

	மிகுந்த அளவு	ஓரளவு	மிகச் சிறிய அளவு	வேறு ஏதேனும் இருப்பின்
	3	2	1	0
3. மாணவருக்கு அறிவியல் அறிவில் ஏற்பட்ட பயிற்சியினை அறிய வழி முறைகள் பின்பற்றப்படுகின்றனவா ?				
4. தாங்கள் கற்பிக்கப் பயன்படுத்திய முறைகள் எவ்வாறு பயன் அளித்தன என்று அறிய ஆசிரியரை ஊக்குவிப்பதுண்டா ?				
IV. அறிவியல் செயல்கள் :				
(1) பள்ளியில் அறிவியல் கழகம் அமைக்கப்பட்டு நன்கு செயலாற்றுகிறதா ?				
(2) ஆண்டில் எப்போதாவது அறிவியல் கண்காட்சி நடத்தப்படுவதுண்டா'				
(3) உயர்நிலைப் பள்ளி மாணவர் ஆராய்ச்சி வகை செயல் திட்டத்தை முடித்து, அதனை அறிவியல் சந்தைகளில் வைக்கப்பட்டதா ?				
(4) அறிவியல் கூட்டங்களில் மாணவர் படிக்கின்றனரா ?				
V. ஆசிரியர்கள்:				
(1) அறிவியல் கற்பிக்கும் ஆசிரியர் அனைவரும்				
(அ) இளநிலைப் பட்டம் பெற்றவரா ?				

	மிகுந்த அளவு	ஓரளவு	மிகச் சிறிய அளவு	வேறு ஏதேனும் இருப்பின்
	3	2	1	0
(ஆ) அறிவியலில் முதுநிலைப் பட்டம் பெற்றவரா ?				
(2) பணியிடைப் பயிற்சியில் அவ்வப்போது பயிற்சி பெறுகின்றனரா ?				
(3) சென்ற ஐந்தாண்டுக் காலத்தில் கோடைகாலப் பயிற்சி வகுப்புகளோ, வேறு ஆசிரியப் பயிற்சியோ பெற்றவரா ?				
(4) அறிவியல் ஆசிரியர்கள் அறிவியல் அமைப்புகளில் (Professional or Scientific) உறுப்பினரா ?				
(5) பணி முடித்த மற்ற நேரங்களில் தங்களது அறிவைப் பெருக்கிக்கொள்ளக்கீழ்க்கண்ட முறைகளில் ஈடுபடுகின்றனரா ?				
(அ) பயணங்கள்				
(ஆ) படிப்பு				
(இ) அறிவியல்தொடர்பானதொழிலகங்களில்பணியாற்றி பயிற்சி பெறுதல்				
(ஈ) அறிவியல் ஆராய்ச்சி				
உ) அறிவியல் கல்வியில்ஆராய்ச்சி				
(6) அறிவியல்தொடர்பான அல்லது கல்வி சம்பந்தமான சஞ்சிகைகளைப் படிக்கின்றனரா ?				
(7) அறிவியல் ஆசிரியருக்கு வேலையில் துணை செய்ய ஆய்வக				

	மிகுந்த அளவு	ஓரளவு	மிகச் சிறிய அளவு	வேறு ஏதேனும் இருப்பின்
	3	2	1	0
உடனுள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளதா ?				
VI. அறிவியல் கற்பிக்கத் தேவையான வசதிகள், தளவாடங்கள், கற்பிக்கும் துணைக்கருவிகள்:				
1. அறிவியல் கற்பிக்க வசதிகள் அமைக்கும்போது அறிவியல் ஆசிரியர்களின் ஆலோசனைகள் கேட்கப் படுகின்றனவா ?				
2. அறிவியலின் பிரிவுகள் ஒவ்வொன்றையும் கற்பிக்கத் தனித்தனியான ஆய்வகங்கள் அமைக்கப்பட்டுள்ளனவா ?				
3. ஆய்வகங்களில் கீழ்க்காணும் பாதுகாப்பு முறைகள் செய்யப்பட்டுள்ளனவா ?				
(அ) தீ பரவுவதைத் தடுக்கும் சாதனங்கள் (போர்வை, தீ அணைப்பான்கள்)				
(ஆ) மின் இணைப்புத் துண்டிப்புகள் (Fuse Carriers)				
(இ) கண்ணைக் கழுவுவதற்குரிய நீர்க்குழாய் அமைப்பு.				
(ஈ) முதலுதவிப் பெட்டி				
(உ) போதிய அளவு வெளியே செல்லும் வழிகள்				
4. ஆய்வக அமைப்புகள், இருக்கைகள், தளவாடங்கள் பின்வரும்				

	மிகுந்த அளவு	ஓரளவு	மிகச்சிறிய அளவு	வேறு ஏதேனும்
	3	2	1	0
செயல்களுக்குப் பொருத்தம் உடையனவா ?				
(அ) தனி ஆள் நடத்தும் சோதனைகள்.				
(ஆ) ஆசிரியர் செய்து காட்டும் சோதனைகள்.				
(இ) சிறுசிறு குழுவாக இணைந்து செய்யும் சோதனைகள்.				
(ஈ) அறிவியல் கழகம், அறிவியல் சந்தை, செயல் திட்ட வேலைகள்.				
5. அறிவியல் ஆசிரியருக்குக் கீழ்க் கண்ட செயல்களுக்கு வசதிகள் அமைந்துள்ளனவா ?				
(அ) பாடங்களைக் கற்பிக்கத் தேவைப்படும்கருவிகளைஆயத்தம் செய்தல்				
(ஆ) மேற்கோள் நூல்கள் பெறுதல்.				
(இ) அலுவலகவேலை.				
6. சோதனைக் கருவிகளும், தளவாடங்களும், இரசாயனப் பொருள்களும் நன்முறையில் சேமித்து வைக்கப்பட்டுள்ளனவா ?				
7. அறிவியல் அறைகளில கற்பிக்கத் துணை செய்யும் பின்வரும் கருவிகள் அமைக்கப்பட்டுள்ளனவா ?				

	மிகுந்த அளவு	ஓரளவு	மிகச் சிறிய அளவு	வேறு ஏதேனும் இருப்பின்
	3	2	1	
(அ) தலைக்குமேல் பிம்பம் வீழ்த்தும் கருவி.				
(ஆ) 16 மி.மீ. படவீழ்த்தி.				
(இ) நழுவங்கள், படச்சுருள்கள் வீழ்த்தும் கருவிகள்.				
8. தேவையான கருவிகள் போதிய அளவிற்குச் சோதனைச் சாலையில் அமைந்துள்ளனவா ?				
9. அண்மையில் வெளியிடப்பட்ட நூல்கள், சஞ்சிகைகள், போதிய மேற்கோள் நூல்கள் ஆகியவற்றைக்கொண்டு அறிவியல் நூலகம் உள்ளதா ?				
10. நூலகம் ஆசிரியராலும், மாணவராலும் பயனுள்ள முறையில் பயன்படுத்தப்படுகின்றதா ?				

மேலே கண்ட குறிப்புப்பட்டியலை ஒவ்வொரு பள்ளி அறிவியல் கற்பிக்கும் ஆசிரியரும் விடையளித்து, அதேபோன்று ஒரு கல்வி மாவட்டத்தில் உள்ள பள்ளிகள் அனைத்தும் விடையளித்து, பின் அவை அனைத்தையும் ஒன்றிணைத்து ஒரு மதிப்பீட்டு வடிவுருவம் (Evaluation Profile) வரையலாம். மேலே குறிப்பிட்ட ஒவ்வொரு பகுதிக்கும் கொடுக்கப்பட்டுள்ள விடையின் சராசரியைக் கணக்கிட்டு வடிவுருவம் வரையும்போது, எப் பகுதியில், உடனடியாக முன்னேற்றம் தேவை என்பது விளங்கும். ஆகவே, அப் பகுதியைக் கவனித்து முன்னேற்றமடைய வழி வகுக்கலாம்.

மேற்கோள் நூற்பட்டியல்
(Bibliography)

Association of Science Masters — 'The Teaching of Science in Secondary Schools', John Murray, London, 1970.

H. F. Boulind — 'The Teaching of Physics in Tropical Secondary Schools', Oxford University Press, 1957.

CHEM Study — 'Chemistry Text Book, Laboratory Manual Teachers' Guide', National Council of Educational Research and Training (NCERT)

J. Darell Barnard — 'Teaching High School Science', National Education Association, Washington DC, 1961

G. Dass — 'Teaching of Science', Oxford University Press, 1963.

Edgar Dale — 'Audio - Visual Methods in Teaching', Holt, Rinehart and Winston, Inc. New York, 1963.

ESCP Project — 'Investigating the Earth, Text, Laboratory Manual, Teachers' Guide', University of Colorado, Boulder, Colorado, U.S.

K. Guy — 'Labaratory First Aid', MacMillan and Co., Ltd, London, 1965.

Heiss, Obourn and Hoffman — 'Modern Science Teaching MacMillan and Co., New York, 1961.

H. L. Heys — 'Chemistry Experiments at home'.

James B. Conant, — 'On understanding Science', Mentor, New York, 1957.

F. R. Jevons — 'The Teaching of Science', Union University Books, 1969.

Joseph, Bradwein, Morholt Pollack&Caska, — 'A Source Book for the Physical Sciences', Harcourt, Brace and World Inc., New York.

John S. Richardson — 'Science Teaching in Secondary Schools', Prentice Hall, New Jersy, 1957.

B. N. Kaul — 'Elements of Scientific Method', Sultan Chand and Sons, Delhi, 1973.

Leonard de Vries — 'The Book of Experiments.'

Lewis and Potter,—'The Teaching of Science in the Elementary Schools', Prentice Hall, New Jersy.

Louise A. Neal & Edith M. Selberg,— 'Measurement for Development Science Concepts', 1965.

Morton J. Schultz — 'The Teacher and Overhead Projection', Prentice Hall, New Jersy, 1965.

Narendra Vaidya —'Some Aspects of Piaget's Work and Science Teaching', S. Chand & Co. (Pvt.) Ltd., New Delhi, 1970.

NCERT — 'General Science, Handbook of Activities', VI-VII Classes.

N. F. Newbury — 'The Teaching of Chemistry in Tropical Secondary Schools', Oxford University Press,. London, 1959.

Normah B. Massey — 'Patterns for the Teaching of Science', MacMillan and Co., 1965.

Paul F. Brandwein.Fletcher G. Watson & Paul E. Blackwood —'Teaching High School Science, A Book of Methods', Harcount, Brace World Inc. New York, 1958.

Y. Perelman — 'Physics for Entertainment, Book 142', Foreign Language Publishing House, Moscow.

PSSC — 'Physics Text Book, Laboratory Manual', Teachers' Guide-NCERT.

B. C. Rai — 'Method of Teaching of Science', Prakashan Kendhra, Lucknow.

C. S. Rao — 'Science Teachers Hand Book', American Peace Corps Publication.

H. N. Saunders — 'The Teaching of General Science in Tropical Secondary Schools', Oxford University Press, 1955.

R. C. Sharma & D. N. Tharma — 'Teaching of Science', Dhanpat Rai & Sons, Delhi, 1970.

Twiss — 'Principles of Science Teaching', MacMillan and Company.

UNESCO — 'The New UNESCO Source Book for Science, Teaching', UNESCO, Paris, 1957.

Wlater A. Thurber and Alfred T. Collete —'Teaching Science in Today's Secondary Schools', Allyn and Bacon Inc., Boston, 1964.

Westway, F. W. — 'Science Teaching', Blackie.

கே. எஸ். மகாதேவன் — 'அறிவியல் பாதையில் மனிதன் மெர்க்குரி புத்தக நிலையம்.

ந. சுப்பு ரெட்டியார் —'அறிவியல் கற்பிக்கும் முறை', பழனியப்பா பிரதர்ஸ், சென்னை.

என். சந்தானம் — 'கல்வி உளவியலும், கல்விச் சமூகவியலும்', பழனியப்பா பிரதர்ஸ், சென்னை.

Reports and Pamphlets

'Report of Secondary Education Commission' — Government of India, 1953.

'Ideas for Teaching Science in the Junior High School' — National Sci ence Teachers' Association, Washington D.C., 1963.

'Guide Lines for Development of Programmes in Science Instruction' — National Academy of Sciences, Washington D. C., 1963.

'School Science Teaching' — Report of Commonwealth Education Liaison Committee, London, 1964.

'Science, A Process Approach' — American Association for the Advancement of Science, 1964

the Education Commission 1964–66' — Ministry of Education, Government of India.

Additional Subject Books, Jou s which will be useful to the Science Teachers

W. Bolton — 'Physics- Experiments and Projects', Vol. 1-4, Pergamon Press.

— —, 'Teacher's Guide to the Physics- Experiments and Projects'

A. D. Bulman — 'Experiments and Models for Young Physicists', John Murray.

Harris and Hommerling — 'Introductory Applied Physic', McGraw Hill.

Jim Jardine, — 'Physics is Fun,' Vol.I-V,

— —, 'Teacher's Guide to Physics is Fun', Vol. I-V, Heinemann Educational Books Ltd., London.

John Murray — 'Science Masters Book', Series Physics and Chemistry.

Melle D. Collings — 'Projects in Electricity', McKnight and McKnight, Bloomington, Il inois.

Nuffield Foundation — 'Guide to Experiments, Teacher's Guides' etc.

Robert W. Marks — 'New Physics and Chemistry Dictionary and Handbook', Bantom Pocket books.

Rowest R. Hopwood — 'Science Model Making,' John Murray.

Granader Publishing Limited, — 'How things work', Universal Encyclopaedia of Machines, George Allen & Un n Lt d

Journals on Foreign

'Popular Science', 380 Madison Avenue, New York, U. S.

'Popular Mechanics', 224, West Street, New York, U. S.

'The School Science Review,' Journal of the Association for Science Education, U.K.

கலைச்சொற்கள்

அ

அங்கக இரசாயனம்	—	Organic Chemistry
அடர்த்தி	—	Density
அடர்த்தி எண்	—	Specific gravity
அடைவு	—	Achievement
அடைவுச் சோதனை	—	Achievement Test
அணு	—	Atom
அணு எடை	—	Atomic Weight
அணு எண்	—	Atomic Number
அணுக்கரு	—	Nucleus
அணுநாதம்	—	Resonance
அணுவாற்றல்	—	Atomic Energy
அண்டம்	—	Space
அண்டவெளி	—	Universe
அண்மை நிகழ்ச்சிகள்	—	Current events
அதிகார உரிமையுள்ள	—	Authoritarian
அதிர்ச்சி	—	Shock
அமிலம்	—	Acid
அரசிதழ்	—	Gazette
அரிதிற்கடத்தி	—	Bad conductor
அரைவாழ்வுக் காலம்	—	Half life period
அலகு	—	Unit
அலைக் கொள்கை	—	Wave Theory
அலைவெண்	—	Frequency
அழுத்த சமைப்பான்	—	Pressure cooker
அழுத்தமானி	—	Manometer
அளவறி	—	Quantitative
அளவீட்டுப் படங்கள்	—	Scale drawings

அறிக்கை	—	Report
அறிவிப்புப் பலகை	—	Bulletin board
அறிவியல்	—	Science
அறிவியல் கழகம்	—	Science Club
அறிவியல் சந்தை	—	Science Fair
அறிவியல் சிந்தனை	—	Scientific Thinking
அறிவியல் மனப்பான்மை	—	Scientific Attitude
அறிவியல் முறை	—	Scientific Method
அனுபவ விதி	—	Empirical Law

ஆ

ஆய்ந்தறிதல்	—	Diagnosis
ஆய்வகக் குறிப்பேடு	—	Laboratory Record
ஆய்வகம்	—	Laboratory
ஆய்வு	—	Reasoning
ஆய்வுச்சிந்தனை	—	Reflective thinking
ஆர்வம்	—	Enthusiasm
ஆராய்ச்சி	—	Research
ஆவியாகக்கூடிய	—	Volatile
ஆவியாதலின் உள்ளுறை வெப்பம்	—	Latent heat of steam
ஆற்றல்	—	Energy

இ

இசைக்கவை	—	Tuning fork
இடவசதி	—	Accommodation
இணைத்தல்	—	Correlation
இயக்கவியல்	—	Mechanics, Dynamics
இயல்பான	—	Intrinsic
இரசவாதி	—	Alchemist
இரசாயன எரு	—	Chemical fertiliser
இருபடிச் சமன்பாடு	—	Quadratic equation
இரசாயன மண்ணியல்	—	Soil Chemistry
இருட்டறை	—	Dark room
இலக்கணம்	—	Definition
இலகு எந்திரம்	—	Single machine

ஈ

ஈரப்பதம்	—	Humidity

உ

உச்ச நீச உஷ்ணநிலை — Maximum and Minimum Thermometer
உடன்நிகழ் மாறுபாட்டு முறை— Method of concomitant variation
உடன் விளைபொருள் — By-product
உணர்ச்சி உறுப்புகள் — Sensory organs
உயிரியல் — Cell
உயிரியல் பௌதிகம் — Bio-Physics
உய்த்துணர் — Deduce
உயிர்ப்பூட்டும் — Inspirational
உயிர்ப்பொருள் நிலையம் — Vivarium
உராய்வு — Friction
உருத்துலக்குதல் — Developing
உள்ளுணர்வு — Intution
உற்றுநோக்கல் — Observation

ஊ

ஊக்குவித்தல் — Motivation
ஊடகம் — Medium

எ

எச்சமுறை — Residue Method
எந்திரவியல் — Mechanics
எபிடியாஸ்கோப் — Epidiascope
எபிஸ்கோப் — Episcope
எரிதல் — Meteorite
எலக்ட்ரான் — Electron
எளிய சமன்பாடு — Simple equation

ஏ

ஏற்புடைமை — Validity

ஐ

ஐசட்டோப் — Isotope

ஒ

ஒட்டப்படம் — Flow chart
ஒப்படர்த்தி — Relative Density

ஒட்டுச்சீட்டு — Label
ஒப்படைப்பு — Assignment
ஒப்பிடல் — Comparison
ஒருசீர் முன்னணித் திட்டம் — Evenfront System
ஒலி — Sound
ஒலியரங்கு — Auditorium
ஒழுங்குமுறை — Systematic
ஒளி — Light
ஒளிப்படம் — Photo
ஒளிவட்ட விளைவு — Halo Effect
ஒற்றுமை முறை — Method of Agreement
ஒற்றுமை வேற்றுமை முறை — Joint Method of Agreement and Disagreement

க

கசியும் — Deliquescent
கட்டுப்படுத்தப்பட்ட சோதனை — Controlled Experiment
கட்டுரைச் சோதனை — Essay Test
கணக்கீடு — Calculation
கதிரியக்கச் சிதைவு — Radio Active Decay
கதிரியக்கம் — Radio Active
கம்பளப் பலகை — Flannel board
கரிம வேதியியல் — Organic Chemistry
கருத்தரங்கு — Seminar
கருத்தியல் — Abstract
கரும்பலகை — Black board
கருத்து — Theory, Abstract, Concept
கலைக்களஞ்சியம் — Encyclopaedia
கலோரிமீட்டர் — Calorimeter
கல்வி ஏற்பாடு — Curriculum
கவர்ச்சி — Interest
கழுவுசீசா — Wash bottle
கழுவுநீர்த்தொட்டி — Sink
களச்செயல் — Field work
கற்பனை — Imagination
கற்றல் — Learning
கன அளவு — Volume
கனவுருவகப் படங்கள் — Stereoscopic pictures
காட்சித்துணைக் கருவிகள் — Visual aids

காமாக் கதிர் — Gamma rays
காரணகாரியத் தொடர்பு — Cause-effect relationship
காரணங்கற்பித்தல் — Rationalisation
காந்த வரைபடம் — Magnetic map
காரம் — Alkali
கால அட்டவணை — Time table
காற்றின் அழுத்தம் — Atmospheric pressure
காற்றோட்டம் — Ventilation
கிட்டப்பார்வை — Short sight
குழுக் கற்பித்தல் — Team teaching
குழுச் சுழற்சித் திட்டம் — Group Rotation System
குறி — Symbol
குறிக்கோள் — Objective
குறிப்பிடு பட்டியல் — Check list
குறிப்புணர்தல் — Suggestion
குறிப்பேடு — Note Book
குறுக்குவெட்டுத் தோற்றப் படம் — Cross-sectional diagram
குறையறி சோதனை — Diagnostic Test
கூடி ஆராயும் திட்டம் — Conference Plan
கூட்டு — Compound
கையேடு — Manual
கொள்கை — Theory
கோட்பாடு — Theory, Concepts
கோடைகாலப் பயிற்சி நிலையம் — Summer Institute

ச

சமநிலை — Equilibrium
சமன்பாடு — Equation
சரிபார்த்தல் — Verification
சரிவுமணி — Dip circle
சலவைத்தூள் — Bleaching powder
சாய்தளம் — Inclined plane
சிக்கல் — Problem, Complex
சிறுதொலைப் பயணம் — Field trip
சுண்ணாம்புக்கட்டி — Chalk
சுண்ணாம்புப் பாறை — Chalk hill
சுயவெப்பம் — Specific heat
சுருக்கம் — Abstract

சுற்றுப்படம் — Circuit Diagram
சுற்றுப்புறத் தூய்மை அழிவு — Pollution
சூரியக் குடும்பம் — Solar System
செய்து காட்டல் — Demonstration
செயல் — Activity
செயல்திட்டம் — Project
செயல்முறை வேலை — Practical work
செயல் மூலம் கல்வி — Learning by doing
செயற்கைச் சிதைவு — Artificial disintegration
செய்திப்பலகை — Bulletin board, Display board
செய்முறை — Procedure
செய்முறை மேசை — Work table
சேமிப்பு மின்கலம் — Accumulator
சேர்க்கை — Accession
சொந்தமாகத் தயாரிக்கப் பட்ட கருவி — Improvised aid
சோதனை — Experiment
சோதி — Test

த

தந்தி — Telegraph
தரப்படுத்திய சோதனை — Standardised Test
தரம் — Standard
தலைப்புசார் முறை — Topical Method
தளவாடம் — Equipment
தனிஆள் வேற்றுமை — Individual difference
தனிமம் — Element
தாற்காலிக — Temporary
திட்டம் — Plan
திட்டமிட்டுக் கற்பித்தல் — Programmed Instruction
திரள் பதிவேடு — Cumulative Record
திரைப்படம் — Motion film
திரைப்படத் துண்டு — Film strip
திறந்த மனமுடைமை — Open-mindedness
திறமை — Talent
திறனாய் சிந்தனை — Critical Thinking
துகள்கொள்கை — Corpuscular Theory
துணைக்கருவி — Aid
துண்டுப்படம் — Loop film

துல்லியம் — Accuracy
துறை — Department
தூரிகை — Brush
தெளிவு — Vividness
தேர்வாளர் — Examiner
தேர்வு — Examination
தேவைப்பட்டியல் — Indent
தொகுத்தல் — Synthesis
தொகுத்துரை — Recapitulate
தொகுத்தறிதல் — Induction
தொகுத்தறி ஆய்வு — Inductive reasoning
தொலைக்காட்சி — Television
தொலைபேசி — Telephone
தொலைநோக்கி — Telescope
தொழில் — Profession
தொழில்நுட்பம் — Technical
தொழில் நுண்ணியல் — Technology

ந

நடுநிலையாக்கல் — Neutralisation
நழுவம் — Slide
நாடகமாக்கல் — Dramatisation
நாடாப்பதிவுக் கருவி — Tape-recorder
நாட்டம் — Aptitude
நாட்குறிப்பு — Diary
நாட்டச்சோதனை — Aptitude Test
நியூட்டன் — Newton
நியூட்டன் வளையங்கள் — Newton's Rings
நிலைப்படங்கள் — Still pictures
நில உட்கூறியல் — Geology
நில இயல் — Earth Science
நிறமாலைப் பகுப்பாய்வு — Spectrum analysis
நிறுத்து கடிகாரம் — Stop-watch
நினைவுகூர் — Recall
நினைவுக்குறிப்பீடு — Mnemonics
நினைவு — Memory
நீராவி எஞ்சின் — Steam engine
நீரின் விபரீதப் பெருக்கு — Anamalous, expansion of water

நீர் உறிஞ்சும்	—	Hydroscopic
நீல அச்சு	—	Blue print
நீலப்பிரதி	—	Blue print
நுட்பம்	—	Technique
நூல்நிலையம்	—	Library
நெம்புகோல்	—	Lever
நேர் அனுபவம்	—	Direct experience
நோக்கம்	—	Aim
நோக்கு	—	Approach
நைட்ரஜன் சுழற்சி	—	Nitrogen Cycle

ப

பகுத்தறிதல்	—	Analysis, Deduction
பகுத்தறி ஆய்வு	—	Deductive reasoning
படக்காட்சி அறை	—	Projection room
படம்வீழ்த்தும் கருவி	—	Projector
படி	—	Step
படிகம்	—	Crystal
படிக்காரம்	—	Alum
படிமேடை	—	Gallery
படுகோணம்	—	Angle of incidence
படைப்பாற்றல்	—	Creative power
படைப்பு	—	Creation
பட்டி	—	Catalogue
பட்டியல்	—	List, Inventory
பண்பறி	—	Qualitative
பணியிடைப் பயிற்சி	—	Inservice Training
பதிவு	—	Record
பதிவுசெய்	—	Record
பயன்	—	Value
பயிற்சி	—	Training
பயிற்சி மாற்றம்	—	Transfer of Training
பனிக்கட்டி உருகுதலின் உள்ளுறை வெப்பம்	—	Latent Heat of Fusion of ice
பன்னிறங்காட்டி	—	Kaleidoscope
பாகுபாடு	—	Analysis
பாடக்குறிப்பு	—	Notes of Lesson
பாடத்திட்டம்	—	Syllabus, Lesson plan
பாதுகாப்பு	—	Prevention

பாரமானி — Barometer
பால்வேற்றுமை — Sex difference
பிரச்சினை — Problem
பிளவு — Fission
பீட்டா — Beta β
புதிர் — Problem
புதிர் தீர்த்தல் — Problem solving
புதிர் தீர்முறை — Problem Solving Method
புதுமுறைச் சோதனை — New Type Test
புவியியல் — Geography
புவியீர்ப்பு — Centre of Gravity
புவியீர்ப்பு வேக வளர்ச்சி — Acceleration due to Earth Gravity
புறவய — Objective
புதையுடற்படிவு — Fossil
பூச்சிகொல்லி மருந்து — Insecticides
பெரிஸ்கோப் — Periscope
பொதுமைய — Concentric
பொது விதி — Generalisation
பொருள் — Content, matter
பொருள் காணல் — Interpretation
பொருளகராதி — Index
பொருள் மாற்றம் — Transmutation
பொருள்காட்சி நிலையம் — Museum
பொருத்து சோதனை — Matching type
பொழுதுபோக்கு — Recreation
பௌதிகப் பொருளியல் — Physics
பௌதிக வானியல் — Astro-Physics

ம

மணிஜாடி — Bell jar
மதிப்பீடு — Valuation
மதிப்பெண் — Score
மறுபயிற்சி — Refresher Course
மறுபரிசீலனை — Review
மாதிரி உருவம் — Model, Specimen
மாய — Virtual
மாற்று நிலையம் — (Telephone) Exchange
மின்காந்தம் — Electromagnet

மின்முலாம் பூசுதல் — Electroplating
மின்னாற்பகுப்பு — Electrolysis
மீட்டறிதல் — Recognition
முகவை — Beaker
முடித்தற்சோதனை — Completion Test
முடிவு — Result
முடிவுகணிக்காத சோதனை — Open-ended Experiment
முட்டை வெள்ளை — Egg albumin
முதல் உதவிப்பெட்டி — First Aid Box
மூடநம்பிக்கை — Superstition
மூலக்கூறு — Molecule
மூலம் — Source
மெய், பொய்ச் சாதனை — True or False
மேசை — Table
மேற்பார்வைப் படிப்பு — Supervised Teaching.

வ

வகுப்பு — Class
வகைப்படுத்தல் — Classification
வகைப்படுத்து — Classify
வடிவ கணிதம் — Geometry
வரம்பு — Limittaion
வரிசையிலிடு — Tabulate
வரைபடம் — Graph
வரையறு — Define
வழிந்தோடும் ஜாடி — Overflow jar
வழிவிலகல் — Digression
வாய்மொழிச் சோதனை — Oral Test
வாய்பாடு — Formula
வாழ்க்கைத் துணுக்குப்பதிவு — Ancedotal record
வானிலைப் படம் — Weather map
வானூர்திக் கழகம் — Aviation Club
வானொலி — Radio
விகிதம் — Ratio
விடுமுறை — Holiday
விதி — Law
விரிவு — Expansion
விரிவுரை — Lecture
விலக்கு — Exception

விவரங்கள்	—	Data
விவாதம்	—	Discussion
விளக்கப்படம்	—	Illustration, Chart
வீச்சு	—	Amptitude
வெப்ப எந்திர ஆற்றல் இணை மாற்று	—	Mechanical equivalent of Heat
வெப்பம்	—	Heat
வெப்பமானி	—	Thermometer
வெளியிடல்	—	Emission
வெளியேற்று	—	Exhaust
வெற்றிடம்	—	Vacuum
வேலைக் குறிப்பேடு	—	Activity Note Book
வேற்றுமை முறை	—	Method of Difference